THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE CAEN

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR-INGÉNIEUR

PAR

R. MAILLOT

PREMIÈRE THÈSE

LES SYNCLINAUX FERRIFÈRES DE DOMFRONT ET DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS (BASSE-NORMANDIE)

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE MINIÈRE DES SYNCLINAUX DE DOMFRONT ET DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS

SOUTENUES PUBLIQUEMENT LE 1er JUILLET 1966
DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

JURY :

MM. L. DANGEARD		*Président*
C. PAREYN M. BENARD	}	*Examinateurs*
E. RAGUIN		*Invité*

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE CAEN

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR-INGÉNIEUR

PAR

R. MAILLOT

PREMIÈRE THÈSE

LES SYNCLINAUX FERRIFÈRES DE DOMFRONT ET DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS (BASSE-NORMANDIE)

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE MINIÈRE DES SYNCLINAUX DE DOMFRONT ET DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS

SOUTENUES PUBLIQUEMENT LE 1er JUILLET 1966
DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

JURY :

MM. L. DANGEARD		*Président*
C. PAREYN M. BENARD	}	*Examinateurs*
E. RAGUIN		*Invité*

Digitized by the Internet Archive
in 2026
UNIV.
LEIDEN
BIBL.
https://archive.org/details/IA41542711_0027

Les synclinaux ferrifères de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs (Basse-Normandie)

par R. MAILLOT

Sommaire

Résumé 5

Avant-Propos 5

1. Stratigraphie et Tectonique 5
2. Méthodes d'établissement de la carte géologique. 5
3. Minéralisation 9

Généralités 9

Chapitre I. — Stratigraphie 12

1. Le grès armoricain 12
2. Les schistes à Calymènes 15
3. Les grès de May 17
4. Les schistes supérieurs 21
5. Le grès culminant 23
6. Les schistes siluriens 25
7. Conclusions 25

Chapitre II. — Structures 34

1re partie : Description des éléments de la structure 34
1. Le synclinal de Domfront à l'Ouest de l'Egrenne. 34
2. Le synclinal de Domfront à l'Est de l'Egrenne. 48
3. Le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs 62

2e partie : Esquisse d'une synthèse tectogénétique. 70
1. Rappel des théories antérieures 70
2. Essai de synthèse 72

Chapitre III. — Caractères généraux de la minéralisation 78
1. Distribution stratigraphique du minerai de fer. 78
2. Distribution des teneurs 83
3. Conclusions paléogéographiques 87
4. Composition chimique des minerais 89

Chapitre IV. — Géologie minière - généralités .. 91
1. Historique de l'exploitation du fer 91
2. Pétrographie des minerais 92

Chapitre V. — Les gisements de fer 96
1. Concession de Mortain 96
2. Zone « hors concession » entre Mortain et Bourberouge 100
3. Concession de Bourberouge 101
4. Concession de Larchamp 105
5. Concession d'Halouze 106
6. Concessions de La Ferrière-aux-Etangs et de Mont en Gérôme 108
7. Concession de l'Ermitage 112

Conclusions 114

Bibliographie 116

Liste des figures

FIG. 1. — Formes d'érosion et structures correspondantes.

FIG. 2. — Disposition relative des fermes et des contacts grès - schistes au Sud-Ouest de Lonlay-l'Abbaye.

FIG. 3. — Profil de résistivités perpendiculairement aux assises du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs.

FIG. 4. — Situation géographique des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs.

FIG. 5. — Relief et hydrographie.

FIG. 6. — Grès armoricain de Domfront :
a) quartzites blancs à grain fin;
b) quartzites noirs.

FIG. 7. — Discordance du grès armoricain (Ordovicien) sur les phyllades de Saint-Lô (Algonkien), Mortain (Manche).

FIG. 8. — Variations latérales du faciès des grès armoricains.

FIG. 9. — Grand May de Domfront :
a) quartzites blancs de la base;
b) quartzites gris-noirâtres.

FIG. 10. — Grand May de Domfront :
a) quartzites psammitiques;
b) schistes noirs.

FIG. 11. — Grand May de Domfront :
a) quartzites vert-olive, (Grand May);
b) grès culminant;
c) grès culminant.

FIG. 12. — Variations latérales du faciès des grès culminants.

FIG. 13. — Variations latérales de la puissance de la série primaire.

FIG. 14. — Coupe N.NW.-S.S.E. à l'Ouest de Lonlay-l'Abbaye.

FIG. 15. — Coupe n° 1 de la Fosse Arthour aux Faux.

FIG. 16. — a) Coupe n° 2 Est, par la ferme de la Prise-Guimont.
b) Coupe n° 2 Ouest.

FIG. 17. — a) Coupe n° 3;
b) Coupe N-S entre la Conerie et la Vente de Haut.

FIG. 18. — Coupe N-S par la Descenderie de Berdalier.

FIG. 19. — Tectonique de la crête Bourberouge-Mortain (d'après H. MATTE).

FIG. 20. — Coupe de Grand Fontaine à la Grande Roche.

FIG. 21. — Passage du régime de la faille longitudinale d'effondrement (les Fanières) au régime synclinal (Mortain).

FIG. 22. — Coupe W.SW-E.NE par Mortain.

FIG. 23. — a) Coupe a;
b) Coupe b;
c) Coupe c.

FIG. 24. — Coupe à l'Ouest de la ferme du Pilon.

FIG. 25. — Coupe nord-sud à l'Ouest de la Guyardière.

FIG. 26. — a) Coupe à travers les anticlinaux du grès culminant.
b) Anticlinaux de Domfront

FIG. 27. — Coupes nord-sud :
a) de Perrou à Champsecret;
b) à l'Est de Champsecret.

FIG. 28. — a) Coupe selon le méridien 3 gr 10;
b) Coupe à l'Est de la faille n° 1.

FIG. 29. — Carte des affleurements du Rocher Broutin.

FIG. 30. — Le Rocher Marie : plan des affleurements et coupe.

FIG. 31. — a) Coupe à l'Est de la vallée de la Cour.
b) Coupe nord-sud à l'Est de Saint-Patrice du-Désert.

FIG. 32. — a) Coupe à travers la concession de l'Ermitage;
b) Coupe à l'Est de la route Lignières Pré-en-Pail.

FIG. 33. — a) Coupe SW-NE par le Mont en Gérôme;
b) Coupe NE-SW par la ferme de Persenne.

FIG. 34. — Projection sur un plan horizontal des différents niveaux de la couche de minerai.

FIG. 35. — Coupe à l'Est de la vallée de la Varenne.

FIG. 36. — a) Coupe le long de la route du Chatellier à Flers.
b) Coupe le long de la vallée de la Varenne.

FIG. 37. — a) Coupe le long de la 2e traverse;
b) Coupe le long de la route Saint-Clair-Flers.

FIG. 38. — Structure du synclinal de Larchamp.

FIG. 39. — Schéma de l'effondrement limitant au Nord les synclinaux primaires.

FIG. 40. — Schéma assimilant la structure d'Halouze à un graben déterminé par les ruptures du socle selon les directions N 120 E.

FIG. 41. — Les quatre phases tectoniques dans les concessions d'Halouze et de La Ferrière.

FIG. 42. — a) Corrélation entre la puissance de la couche et la puissance de l'ensemble minerai + schistes du mur (Mortain);
b) Carte des puissances et des altitudes stratigraphiques de la couche n° 1 des concessions de Larchamp et d'Halouze.

FIG. 43. — Puissance de la couche minéralisée dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs.

FIG. 44. — Variation des teneurs en fer au sein des couches minéralisées en fonction du degré d'oxydation.

FIG. 45. — a) Courbe représentative expérimentale de la fonction (T-t) ;
b) Courbe représentative de la fonction (t'-t) dans le cas d'un minerai entièrement carbonaté.

FIG. 46. — Chenal ferrifère de Mortain-Bourberouge.

FIG. 47. — Teneur en fer (minerai grillé) de la couche minéralisée dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs.

FIG. 48. — Direction des chenaux ferrifères.

FIG. 49. — Diagramme Fe/SiO_2 (La Ferrière).

FIG. 50. — Diagramme Fe/SiO_2 (Mortain).

FIG. 51. — a) Diagramme Fe/SiO_2 (Minerais grillés de La Ferrière-aux-Etangs) ;
b) Diagramme CaO/P_2O_5;
c) Diagramme Al_2O_3/MgO.

FIG. 52. — Corrélation entre les teneurs en Fe^{++}, CO_2, Mn et Mg (d'après L. BUBENICEK).

FIG. 53. — a) Evolution minéralogique des minerais de La Ferrière-aux-Etangs.
b) Origine et évolution des minerais normands, d'après L. BUBENICEK et G. COURTY.

FIG. 54. — Coupes transversales du synclinal de Cabremont.

FIG. 55. — a) Coupe schématique horizontale par le niveau — 60 à Berdalier.
b) Coupe N.NW-S.SE du panneau de Doumont Grémont.

FIG. 56. — Panneau de Boussentier.

FIG. 57. — a) Coupe 1;
b) Coupe 2.

FIG. 58. — a) Coupe 3;
b) Coupe 4.

FIG. 54. — Coupe 5.

Liste des planches

PLANCHE 1. — Carte géologique (dépliant).

PLANCHE 2. — Plan de la Ville de Mortain et des environs (dépliant).

PLANCHE 3. — Concession de Bourberouge au 1/10 000 (dépliant).

PLANCHE 4. — Concession d'Halouze-Orne au 1/10 000 (en pochette).

Cet ouvrage a été exécuté sous la direction scientifique de :

M. L. DANGEARD, Professeur à la Faculté des Sciences de Caen;

M. E. RAGUIN, Professeur à l'Ecole des Mines de Paris;

auxquels se sont joints pour constituer le jury d'examen :

M. C. PAREYN, Professeur à la Faculté des Sciences de Caen;

M. M. BENARD, Docteur ès sciences, Maître-Assistant à la Faculté des Sciences.

Ont contribué à sa réalisation :

- le Bureau de Recherches Géologiques et Minières et plus particulièrement M. HORON, Ingénieur-Géologue;
- la Société Denain Anzin, M. DUPONT, Directeur des Mines de La Ferrière-aux-Etangs, M. COLSOD, Ingénieur;
- M. CHRISPIN, Directeur des Mines d'Halouze.

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma plus sincère gratitude, ainsi que tous ceux qui m'ont prodigué leurs conseils et leur aide dans la réalisation matérielle de cet ouvrage.

RÉSUMÉ

L'étude géologique et minière des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs conduit aux conclusions essentielles suivantes :

Stratigraphie : la série primaire, semblable à celle des synclinaux voisins, reste la même à l'intérieur de tout l'ensemble paléozoïque.

Structure : l'auteur, après avoir critiqué les bases des théories « nappistes » antérieurement exprimées, est conduit à admettre l'existence d'une structure simple, faillée, dont les directions de rupture sont ordoviciennes, puis reprises lors de l'orogénèse varisque (Tectonique de réactivation).

Minéralisation : l'intérêt de la notion de « chenal ferrifère », mise en évidence par l'étude de la distribution des puissances et des teneurs de la couche principale de minerai, apparaît comme double :

— Elle renforce la théorie structurale esquissée : les directions des chenaux sont les directions ordoviciennes de la réactivation varisque.

— Elle constitue la base de l'étude minière de l'ensemble des 2 synclinaux qui représente un très important gisement de fer.

AVANT-PROPOS

L'intérêt de l'étude du Paléozoïque de Normandie réside essentiellement en ce que certains de ses niveaux recèlent la principale richesse de cette province, le minerai de fer.

L'étude des « synclinaux (1) ferrifères de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs » se propose dès lors la double tâche :

— d'une part, de déterminer la structure du Paléozoïque, et d'en déduire les caractères géométriques des niveaux minéralisés, celà, grâce à une stratigraphie détaillée des différentes assises, associée à une analyse tectonique aussi précise que possible;

— d'autre part, de chercher à mettre en évidence les lois qui régissent la distribution des zones minéralisées.

(1) L'habitude a été prise, dans le Massif Armoricain, d'utiliser le terme de « synclinal », pris dans un sens très large, pour désigner au sein d'un socle précambrien, un ensemble de terrains primaires; nous nous conformerons à cette habitude.

Il n'est pas abusif d'affirmer, dans ces conditions, que le Paléozoïque normand représente le champ d'action idéal des principes de la Géologie Appliquée.

1. — *STRATIGRAPHIE ET TECTONIQUE*

La stratigraphie détaillée du Primaire de Normandie est toujours difficile à mettre en évidence. Les coupes naturelles continues ne sont qu'exception, et les travaux miniers ne nous permettent d'étudier que des tranches de terrain voisines de la minéralisation. Ces travaux sont d'autre part localisés à l'intérieur de concessions d'étendue restreinte, et un large appel doit être fait à l'extrapolation entre les secteurs d'exploitation minière.

La structure du Primaire est délicate à étudier. La rareté des affleurements oblige à avoir recours à des méthodes indirectes d'observation, géomorphologiques, hydrogéologiques ou géophysiques.

Il nous a semblé intéressant de rappeler brièvement, à ce sujet, les méthodes d'établissement de la carte géologique, qui diffèrent fortement des méthodes habituelles, où l'observation directe reste l'instrument de base.

2. — *MÉTHODES D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE*

2.1. OBSERVATIONS DIRECTES.

2.1.1. Affleurements naturels

Toute cette partie de la Normandie occidentale est le plus fréquemment recouverte d'un épais sol de végétation et d'un puissant manteau de limons. Les affleurements sont d'une extrême rareté.

Nous verrons plus loin que les différentes assises primaires sont exclusivement composées de niveaux alternativement schisteux et quartzitiques. La nature de chaque niveau entraîne des conditions d'affleurement très diverses :

— les schistes n'affleurent presque jamais naturellement,

— les quartzites, déterminant l'ossature du relief sont le plus souvent accessibles à l'observation directe, sans toutefois déterminer des affleurements continus.

2.1.2. Travaux superficiels

— Les *carrières* entaillent indifféremment tous les niveaux de quartzites, et fournissent des matériaux très recherchés pour l'empierrement ou la construction. Les niveaux schisteux ne sont jamais exploités, et les quelques excavations qui fournirent autrefois les matières premières aux industries de poterie (niveaux ampéliteux du Silurien) sont aujourd'hui comblées.

— Les *puits* permettent, grâce à l'examen des déblais, d'identifier la roche dans laquelle ils ont été creusés, mais ne fournissent aucune indication d'ordre géométrique (pendage et direction des couches).

— Les *voies ferrées* permirent, au moment de leur établissement, des observations très précises. Tel est le cas de la célèbre coupe de la tranchée de Mortain, relevée par FORTIN (1893). De tels relevés n'ont malheureusement pas toujours été systématiquement effectués, et à l'heure actuelle, les tranchées envahies de végétation ou revêtues de maçonnerie, ne permettent plus aucune observation.

2.1.3. Travaux miniers — Sondages

De nombreux sondages ont été effectués dans les diverses concessions minières. La plupart du temps, ces sondages se sont contentés d'établir l'aval pendage d'une couche de minerai reconnue à l'affleurement, et n'apportent de ce fait qu'une confirmation des observations de terrain.

Plus rares sont les sondages destinés à reconnaître la structure d'un gisement. De tels sondages ont pourtant fourni, à Halouze et à Mortain, des documents appréciables pour l'étude de la structure de ces zones.

Le grand sondage (n° 1) de La Ferrière-aux-Etangs rentre dans cette catégorie, traversant la totalité des niveaux compris entre le grès armoricain et les schistes supérieurs.

Aux renseignements d'ordre géométrique ainsi obtenus s'ajoutent des données stratigraphiques, mais le plus souvent très vagues : les définitions des terrains traversés que donnent les comptes rendus de sondages sont très approximatives, les travaux n'ayant pas toujours été suivis par un géologue. Certains de ces sondages remontent d'ailleurs à une époque où la stratigraphie générale du Primaire était imparfaitement connue.

2.1.4. Travaux miniers proprement dits

La couche principale de minerai de fer est située à la base de la série des schistes à Calymènes. Les travaux miniers, le plus souvent tracés en couche ou aux abords, ne permettent de ce fait l'observation que d'une tranche réduite de terrains paléozoïques. Mais certains phénomènes tectoniques, dont les effets sont sensibles sur la couche minéralisée, sont souvent extrapolables à toute l'étendue de la zone étudiée; c'est en particulier le cas des accidents que l'on peut observer au fond de la mine d'Halouze, accidents qui définissent le style tectonique de la concession toute entière.

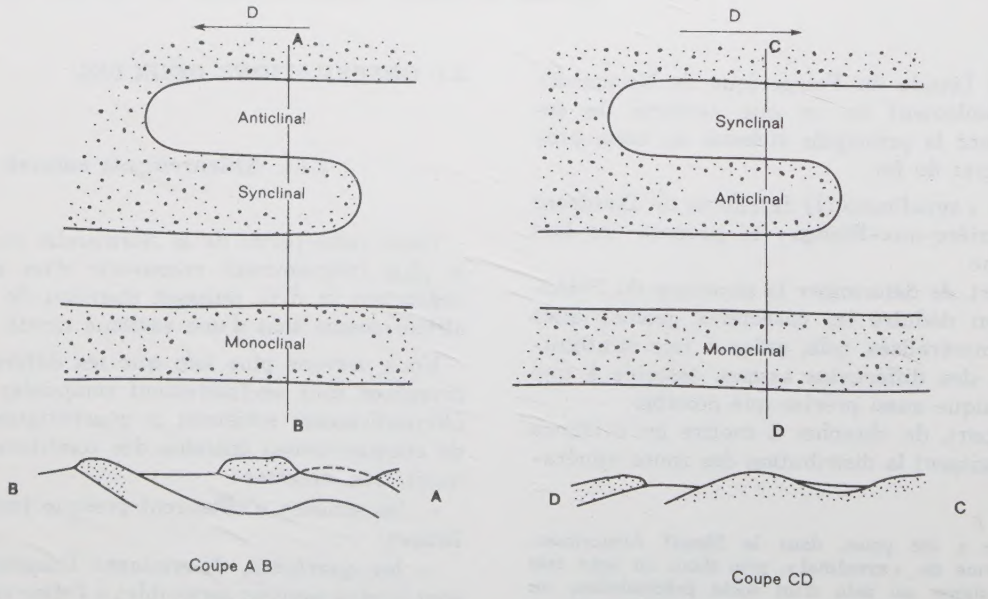


FIG. 1. — Forme d'érosion et structures correspondantes.

Dans quelques cas, trop rares, les travaux miniers offrent d'excellentes observations stratigraphiques, comme à La Ferrière-aux-Etangs, où un long travers banc perce de part en part l'ensemble des niveaux du grès armoricain.

2.2. *OBSERVATIONS GÉOMORPHOLOGIQUES*

2.2.1. Résistance aux agents érosifs des différentes assises

L'érosion différentielle de chaque assise, généralement très marquée, détermine un relief caractéristique de chaque trait structural (monoclinal, synclinal ou anticlinal, faille).

Les *quartzites,* durs, sans niveaux schisteux (ou à interlits schisteux centimétriques), sont affectés de diaclases perpendiculaires aux plans de stratification; cette fissuration entraîne une perméabilité en grand des assises de quartzites, et un débit caractéristique en parallélépipèdes rectangles (quartzites durs : grès armoricain) ou en boules (quartzites plus tendres : grès de May). Mais ces masses, très résistantes aux agents érosifs, sont faiblement attaquées et constituent partout les points hauts du relief.

Les *schistes* constituent des séries lithologiquement homogènes, tendres; aussi y constate-t-on les formes d'érosion caractéristiques : zones déprimées, profondément entaillées par les eaux de ruissellement qui se rassemblent, en l'absence de végétation, sur ces niveaux imperméables.

2.2.2. Formes typiques d'érosion et structures correspondantes

Structure monoclinale.

La succession régulière, normalement à la direction des couches, des affleurements des séries schisteuses et quartzitiques, détermine un relief très caractéristique de collines parallèles séparées par des vallées longitudinales (fig. 1).

Anticlinaux et Synclinaux.

Ils se traduisent très différemment dans le relief selon que la culmination anticlinale (ou le fond synclinal) porte à l'affleurement des niveaux schisteux ou quartzitiques.

Les dépressions et les hauteurs déterminées par les structures anticlinales ou synclinales se différencient des vallées et collines monoclinales en ce sens qu'elles sont limitées longitudinalement; ceci est un simple effet du plongement axial des assises, comme le montrent les schémas de la figure 1. Le tableau ci-dessous permet de déterminer la structure lorsque l'on connaît la direction de ce plongement axial :

Forme des vallées longitudinales	Structures correspondantes
A bords parallèles	Monoclinal
Fermée dans la direction D	Anticlinal
Fermée dans la direction opposée ..	Synclinal
Forme des collines longitudinales	
A bords parallèles	Monoclinal
Tournant sa convexité dans la direction D	Anticlinal
Tournant sa convexité dans la direction opposée	Synclinal

D étant la direction du plongement axial.

2.2.3. Formes du relief déterminées par les failles

Les failles transversales déterminent fréquemment des vallées transversales. Le mécanisme de leur creusement est simple : le long d'une horizontale perpendiculaire à la direction générale des assises, les terrains rencontrés sont de résistances très diverses à l'érosion (schistes et grès). L'écoulement des eaux de ruissellement est de ce fait généralement longitudinal.

Par contre si une faille transversale met en contact diverses portions de terrain, de telle façon que le long d'une horizontale du plan de faille existe toujours un terrain tendre dans l'un des compartiments, le creusement d'une vallée transversale est possible.

2.3. *OBSERVATIONS HYDROGÉOLOGIQUES.*

Le fait déterminant la circulation et la présence des eaux souterraines est l'alternance régulière des niveaux gréseux et schisteux.

Alors que les séries schisteuses déterminent des niveaux imperméables, les assises gréseuses (grès armoricain, grès de May, grès culminant) sont généralement perméables en grand du fait des nombreuses diaclases qui les traversent.

D'autre part, les quartzites, nous l'avons vu, constituent toujours les reliefs dominant les dépressions où affleurent les schistes.

Les sources seront donc localisées :
— Sur les flancs des collines;
— Aux contacts entre les grès et les schistes.

Les fermes dispersées, forme naturelle de l'habitat rural en Basse-Normandie, sont toujours alimentées en eau par leur puits particulier. Ces fermes ne sont jamais établies sur les assises schisteuses, imperméables et impropres à l'établissement de fondations solides, mais sur sol gréseux et à proximité des sources : elles jalonnent les contacts entre schistes et grès. La figure 2 représentant un extrait de la carte géologique au Sud-Ouest de Lonlay-l'Abbaye, est à cet égard particulièrement significative.

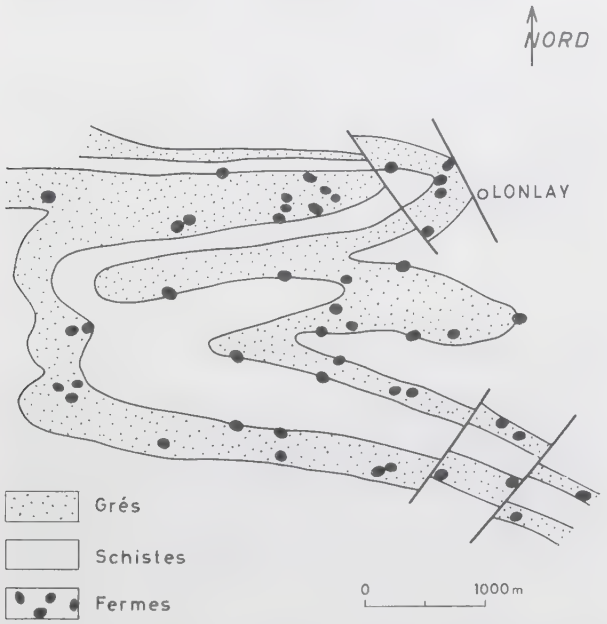


FIG. 2. — Disposition relative des fermes et des contacts grès-schistes au Sud-Ouest de Lonlay-l'Abbaye.

2.4. *DONNÉES DE LA GÉOPHYSIQUE.*

Trois études géophysiques ont été effectuées sur les territoires des concessions de Mortain, Halouze et La Ferrière-aux-Etangs. La méthode employée est celle des résistivités électriques.

Ces études montrent que les différentes assises primaires se différencient très nettement par leurs résistivités. D'une façon générale, les schistes sont bons conducteurs et les quartzites offrent de fortes résistivités (1).

(1) Exception faite du « grès culminant » (Valentien) qui possède une faible résistivité, sans doute due — comme nous le verrons par la suite — à la présence de niveaux schisteux et argileux.

FIG. 3. — Profil de résistivités perpendiculairement aux assises du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs.

Dans ces conditions, un profil de résistivités électriques effectué perpendiculairement à la direction générale des assises permet de donner une idée fort exacte de la structure, en différenciant les masses gréseuses et schisteuses (fig. 3).

3. — *MINÉRALISATION*

Une fois acquis les traits essentiels de la stratigraphie et de la structure du Primaire, l'étude de la distribution — dans les trois dimensions — de la minéralisation ferrifère va nous permettre de proposer des hypothèses paléogéographiques valables. A partir de ces hypothèses, nous serons à même de définir, en chaque point, les caractères des niveaux minéralisés.

Le plan de cette étude est dès lors tout tracé :

— Stratigraphie du Primaire.

— Structure du Primaire :
  - Description des éléments de la structure;
  - Essai de synthèse tectogénique.

— Caractères généraux de la minéralisation.

Aussi, au terme de ce travail, nous serons à même de définir, en chaque point, la nature et la structure des couches de minerai. Et c'est en ce sens que nous aurons préparé et établi des bases solides pour une étude plus détaillée de Géologie Minière.

GÉNÉRALITÉS

1. — *SITUATION GÉOGRAPHIQUE* (fig. 4)

Entre la longitude de 2 gr 80 à l'Est (Méridien de Paris) et celle de 3 gr 70 à l'Ouest, s'étend une longue bande de terrains primaires, au sein des granites et des schistes précambriens.

L'extrémité orientale de cet ensemble est représentée par le massif de la Forêt de Monnaye, à quelques kilomètres au Nord de Pré-en-Pail (Mayenne). L'extrémité occidentale se situe aux environs de Mortain (Manche).

Entre ces deux limites, soit sur plus de 60 km, le Primaire affleure sur 2 à 5 km de largeur, constituant ce que nous appellerons le *Synclinal de Domfront.*

Au Nord-Est de Bagnoles-de-l'Orne, la structure se dédouble en deux branches distinctes, dont l'une se dirige vers Mortain. L'autre branche (*Synclinal de La Ferrière-aux-Etangs*) est orientée NW-SE jusqu'au Nord de ce dernier village, puis vers l'Ouest jusqu'à Larchamp (Orne). Ces deux synclinaux ont été désignés, selon les auteurs, par « Synclinaux de Domfront-Mortain et de Halouze - La Ferrière-aux-Etangs », « 4e Synclinal bas-normand », ou plus récemment (Graindor, 1964) « Synclinaux médians de la feuille Alençon ».

L'ensemble de terrains primaires ainsi définis recouvre une superficie légèrement supérieure à 240 km², dont pratiquement la totalité est située à la limite méridionale de la Normandie, débordant seulement légèrement au Sud-Est sur le département de la Mayenne.

2. — *RELIEF ET HYDROGRAPHIE* (fig. 5)

Le relief de la région est entièrement conditionné par la double nature — quartzitique et schisteuse — des assises primaires :

Les quartzites durs, alternant avec des schistes tendres, constituent des lignes de hauteurs allongées selon la direction générale des assises, c'est-à-dire sensiblement N 120 (1) dans le synclinal de Domfront, et N 150 dans celui de La Ferrière-aux-Etangs. Ces quartzites portent les points culminants de la région (314 m près de Mortain, 328 m près de La Ferrière-aux-Etangs); ce sont ces mêmes quartzites qui déterminent les plus hauts sommets de la moitié nord-ouest de la France (417 m au Signal-des-Avaloirs et dans le massif de la Forêt d'Ecouves).

Le grès armoricain (premier terme de la série primaire) forme au-dessus des dépressions précambriennes qui le bordent au Sud, et dont l'altitude moyenne est voisine de 140 m, de puissants reliefs définissant parfaitement les limites méridionales des ensembles paléozoïques. Ces reliefs, dont l'altitude maximale est comprise entre 240 m et 320 m, déterminent partout des escarpements fort accusés.

Au Nord de ces reliefs s'étendent des collines et de petites vallées parallèles entr'elles et peu profondes. Ce relief essentiellement longitudinal est caractéristique des synclinaux primaires.

Le relief du Précambrien, au Nord, contraste fortement avec celui du Primaire. Tantôt, les affleurements du Briovérien correspondent à de vastes aires déprimées (région de La Ferté-Macé); tantôt, les schistes briovériens et le granite déterminent un

(1) Mesures centésimales.

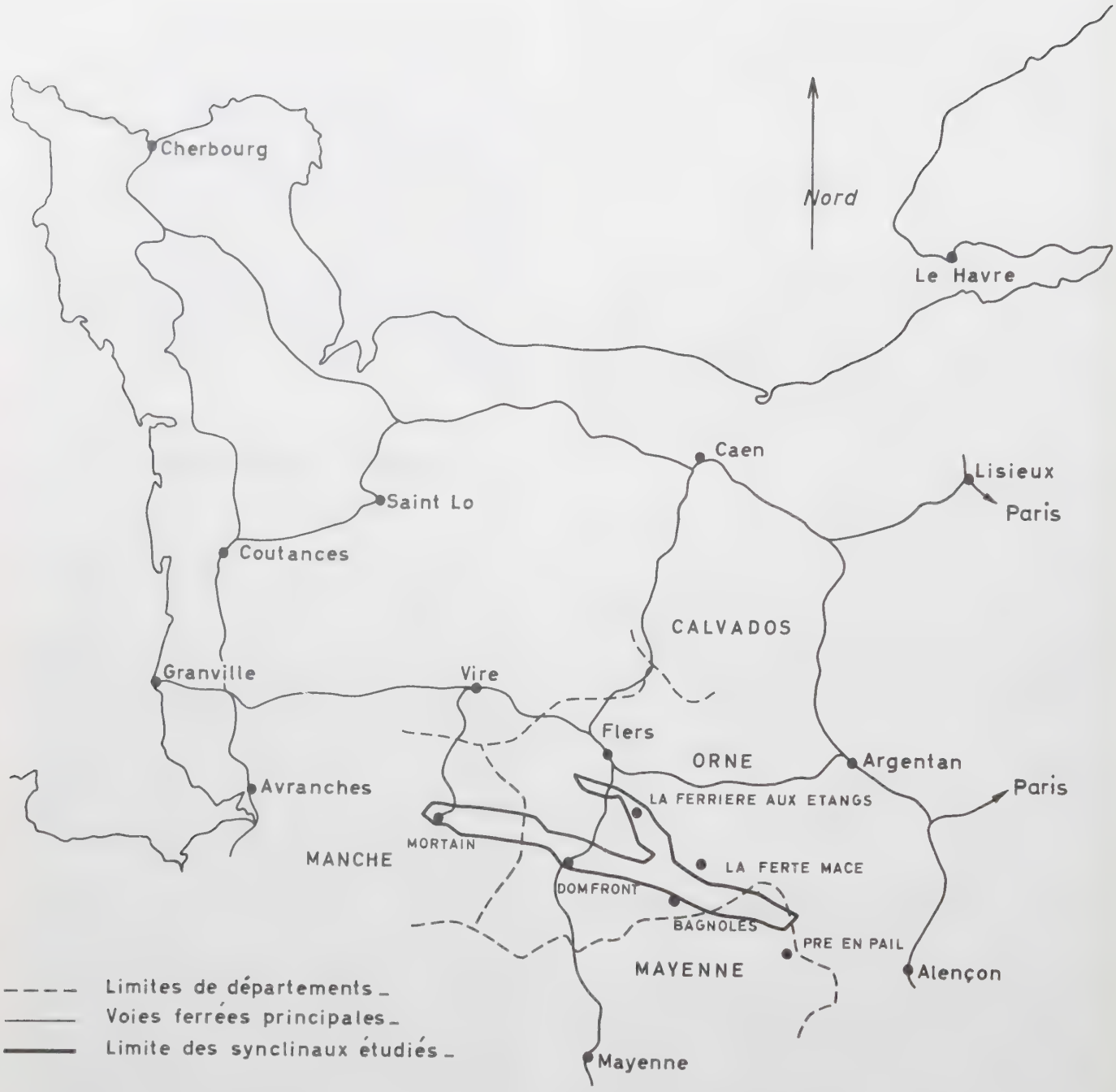


FIG. 4. — Situation géographique des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs.

relief accentué, culminant souvent à des altitudes supérieures à celles des terrains primaires (Signal-de-Ger, 343 m). Ceci se conçoit bien lorsque l'on sait que l'érosion régressive entaillant les diverses assises trouve son point le plus bas au Sud des synclinaux paléozoïques (Vallées de la Sélune et de la Mayenne).

Dans les deux synclinaux, les ruisseaux suivent les dépressions schisteuses longitudinales et ne traversent les assises quartzitiques qu'à la faveur de quelques cluses étroites et profondes.

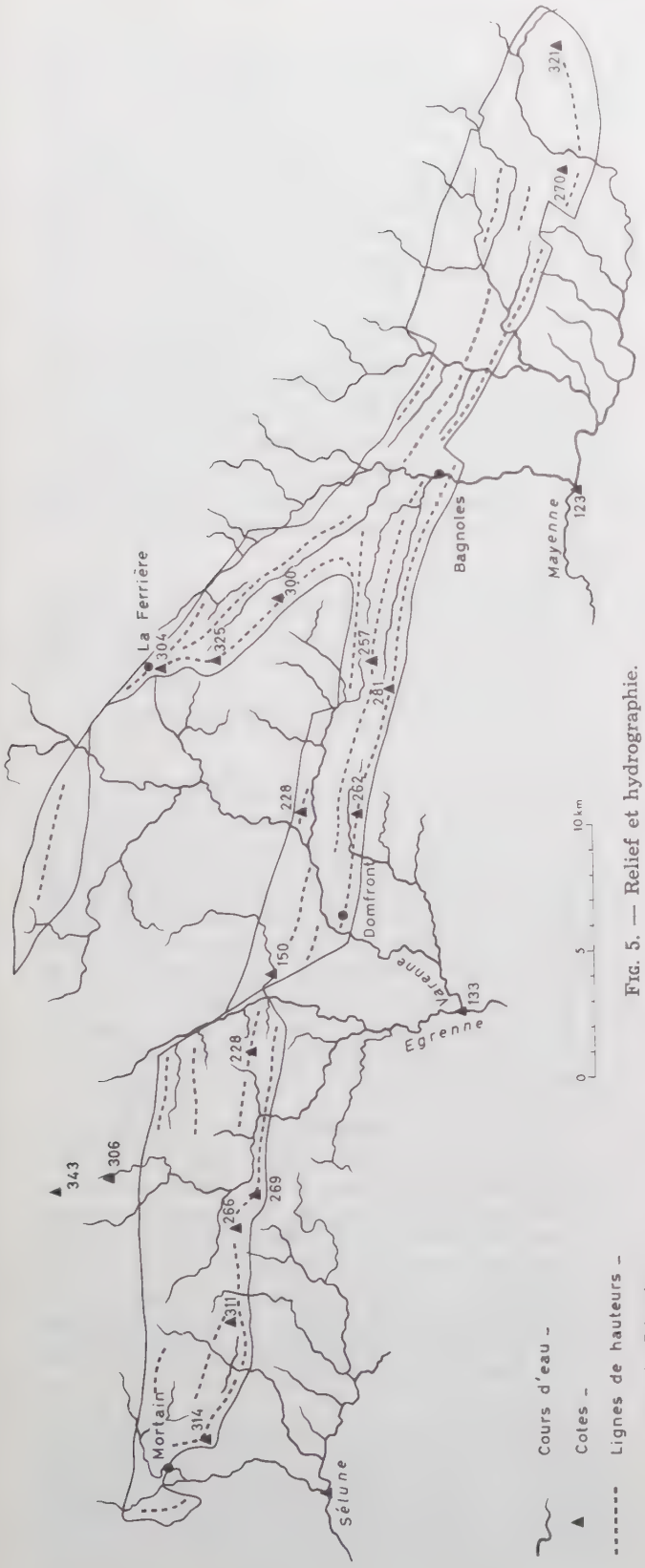


FIG. 5. — Relief et hydrographie.

3. — *VÉGÉTATION, SOLS*

La végétation qui se développe sur les assises paléozoïques est toujours liée à la nature lithologique du sous-sol. Les massifs primaires, véritables frontières entre les régions naturelles distinctes (Pays de la Haute-Mayenne et de Saint-Hilaire du Harcouët au Sud, pays du Houlme et vallée de la Sée au Nord) n'ont été acquises que très récemment à la culture. Le Primaire est partout le royaume de la forêt.

3.1. *ZONE DES FORÊTS.*

Un simple coup d'œil à la carte topographique suffit pour montrer l'étroite corrélation qui existe entre les forêts et le substratum primaire.

C'est essentiellement la nature du sous-sol précambrien, facilement altéré en limons riches, qui a favorisé le développement des cultures; le Primaire, moins fertile, n'a été gagné que récemment à l'exploitation agricole : il est significatif de noter qu'entre Mortain et la vallée de l'Egrenne n'existe aucun village important à l'intérieur du synclinal paléozoïque.

Les essences forestières qui prospèrent sur les différents niveaux sont le hêtre, le chêne, le charme, parfois le bouleau. Elles constituent souvent d'admirables futaies (Forêt d'Andaine, Forêt de Mortain). Sur les crêtes gréseuses, plus arides, le pin et le bouleau sont associés aux arbustes épineux (ajoncs, genévriers) et aux grandes fougères.

3.2. *ZONE DES CULTURES.*

Les dépressions schisteuses, humides, sont entièrement recouvertes de prairies grasses, parfois tourbeuses. Les sphaignes et les joncs prospèrent au voisinage des petits cours d'eau qui drainent les vallées.

Les hauteurs quartzitiques sont tantôt recouvertes de landes stériles; tantôt, lorsque de riches limons les recouvrent, de belles prairies s'y développent. A côté des herbages, les cultures de céréales (blé, orge, avoine) et les plantations de pommiers, caractérisent essentiellement ces assises fertiles, mais plus sèches que les niveaux schisteux des vallées.

Chapitre I

STRATIGRAPHIE

La principale caractéristique du Paléozoïque des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs réside dans l'alternance régulière des assises schisteuses et quartzitiques. La succession stratigraphique est la suivante, à partir des terrains les plus anciens :

Grès armoricain : Quartzites massifs;
Schistes à Calymènes : Schistes fins et homogènes;
Petit May : Quartzites à intercalations schisteuses;
Schistes intermédiaires : Schistes fins;
Grand May : Quartzites;
Schistes supérieurs : Schistes grossiers et grès fins;
Grès culminant : Quartzites à fines intercalations argileuses;
Schistes siluriens : Schistes fins et tendres.

Ces sédiments se sont déposés au-dessus d'un socle constitué par le Briovérien et le granite (granite cadomien).

Conformément aux habitudes, nous étudierons les différentes assises en commençant par les plus anciennes (grès armoricain, base du Paléozoïque), selon l'ordre stratigraphique chronologique.

1. — *LE GRÈS ARMORICAIN*

L'étude des différents niveaux du grès armoricain est grandement facilitée par les nombreuses cluses — excellentes coupes naturelles — qui entaillent cette première assise de l'Ordovicien.

A Domfront, en particulier, la cluse de la Varenne permet une observation précise et continue de la totalité des niveaux du grès armoricain. C'est cette coupe qui nous fournira les données de base de la stratigraphie de l'étage, stratigraphie dont nous pourrons observer les variations :

— Vers l'Ouest, grâce à la coupe de la Fosse Arthour, au Nord de Saint-Georges-de-Rouelley.
— Vers l'Est, à Bagnoles-de-l'Orne, le long de la gorge de la Vée.
— Dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, grâce à l'ancien travers-banc d'extraction du minerai, qui perce de part en part l'ensemble des grès.

1.1. *COUPE DE LA VALLÉE DE LA VARENNE, A DOMFRONT.*

Nous étudierons successivement la lithologie de l'étage gréseux, puis la faune associée aux différents niveaux.

1.1.1. Lithologie du grès armoricain

Niveaux inférieurs du grès armoricain.

En remontant le cours de la Varenne, à partir de la gare de Domfront, bâtie sur les schistes briovériens, on rencontre d'abord une épaisse masse de quartzites blancs, mal lités et peu diaclasés, en bancs de plusieurs mètres, sur une puissance visible supérieure à 35 m. Le contact entre le Briovérien et cette première masse de quartzites n'est pas observable, masqué par un épais manteau d'éboulis et de terre végétale.

Ces quartzites se montrent uniquement constitués de quartz à l'exclusion de tout autre minéral. Les cristaux de quartz sont de dimensions très variables, 50 à 300 microns. La structure est en mosaïque, à cristaux engrenés les uns dans les autres.

Niveaux supérieurs du grès armoricain.

Au-delà de cette première série de quartzites, la carrière des Tanneries, sur la rive droite, permet d'observer les niveaux supérieurs du grès armoricain.

Ces niveaux débutent par 8 m environ de quartzites grisâtres, parfois blancs, en bancs métriques. On note ensuite la présence d'un petit lit de schiste noir (6 cm), micacé et argileux auquel fait suite un horizon de 1 m de quartzite gris, en bancs peu épais (4 à 25 cm).

Le quartz, constituant presque la totalité de la roche, y apparaît en cristaux engrenés, hypidiomorphes, de 100 microns environ de dimension moyenne. Au quartz sont associés la muscovite, rare, en lamelles de 50 à 300 microns, et la séricite, en fines traînées aux interstices des cristaux de quartz. On peut enfin noter la présence de rares prismes de zircon (50 microns) et de tourmaline (50 microns) (voir planches photographiques en fin de chapitre, figure 6 a).

A ces quartzites succèdent 9 cm de schistes argileux noirs, très fins, puis 9 cm d'un quartzite gris, psammitique. Au-delà se développe une puissante série de quartzites (26 m environ), blancs à la base, grisâtres dans leur partie médiane, et franchement noirs dans les deux derniers mètres. Les bancs ont

0,7 m à plusieurs mètres d'épaisseur. Au microscope, ces quartzites se montrent rigoureusement identiques aux quartzites gris précédemment décrits.

Quelques lits centimétriques de schiste noir, fin, ou de quartzite psammitique y sont intercalés.

Sur les deux mètres suivants, on observe une alternance de schistes noirs et de quartzites noirs, formant au sein des schistes des lits discontinus, rognonneux, à surface très irrégulière. Ces lentilles de quartzites n'excèdent jamais 10 cm d'épaisseur.

Les cristaux de quartz sont gros (100 à 400 microns) hypidiomorphes. La structure est en mosaïque. Au quartz s'associent la muscovité, en lamelles de 150 microns environ, et la séricite, cimentant les cristaux de quartz. Enfin, de fines inclusions de pyrite et des agrégats de matières phylliteuses noirâtres communiquent à la roche sa couleur particulière (planche photographique, figure 6 b).

Ces quartzites noirâtres constituent l'essentiel des 10 m suivants. Ils s'y montrent en lits d'épaisseur très variable de 1 cm à 2 m.

Couches de passage aux schistes à Calymènes.

Faisant suite aux 10 m de quartzites foncés, un banc épais (1,50 m) de schiste noir et fin est surmonté par une série de 3 m d'un grès psammitique clair, rosâtre ou verdâtre, admettant vers la base une intercalation d'une trentaine de centimètres de schiste noir. Ces psammites sont extrêmement feuilletés, leur surface a toujours une apparence mordorée déterminée par des micas bruns déposés à plat sur les plans de stratification.

Le quartz, très finement divisé (les grains ne dépassent jamais 30 microns dans leur plus grande dimension) y est associé à des agrégats de matières phylliteuses et ferrugineuses.

1.1.2. Faune du grès armoricain

La faune de ces horizons est peu abondante. Les niveaux inférieurs semblent ne contenir aucun fossile. Dans le grès armoricain supérieur ont été trouvées les formes organiques suivantes :

Trilobites : *Asaphus armoricanus* Trom, recueilli par H. Matte (1906).

Brachiopodes : H. Matte (1906) note encore « dans la carrière située au-dessous du château », et correspondant aux niveaux supérieurs, la présence de *Dinobolus brimonti* Rou et *Lingula lesueuri* Rou.

Bilobites : Les Bilobites se trouvent (H. Matte, 1906) « dans les bancs moyens et supérieurs auxquels de minces feuillets schisteux sont parfois intercalés ». Ils semblent devoir être rencontrés avec la plus grande abondance dans les psammites mordorés sommitaux et les schistes qui les accompagnent. On y trouve :

Cruziana furcifera d'Orb.
Cruziana goldfussi Rou.
Cruziana prevosti Rou.
Cruziana bagnolensis Mor.

Les **Tigillites**, enfin se trouvent localisés dans les quartzites des horizons supérieurs (*Tigillites dufrenoyi* Rou).

1.2. *COUPE DE LA FOSSE ARTHOUR.*

La coupe de la Fosse Arthour, à 8 km environ à l'Ouest-Nord-Ouest de Domfront, est moins complète que la précédente, en ce sens que la terre végétale masque les horizons supérieurs du grès armoricain jusqu'à son contact avec les schistes à Calymènes.

On peut toutefois distinguer de bas en haut :

— une première masse de 35 à 40 m de quartzites blancs sans plans de stratification bien nets, peu diaclasés, admettant au sommet, des traces nettes de Tigillites moulées par un quartzite de couleur plus foncée, souvent noir.

— Une série de quartzites blancs grisâtres, affleurant sur une épaisseur de 30 m; ses bancs sont fortement diaclasés, les plans de cassure étant presque perpendiculaires à la stratification en même temps qu'à la direction des assises.

Au-delà, après une interruption dans l'observation, due à un épais recouvrement de terre végétale, on note l'affleurement d'un quartzite noir, passant quelques mètres au-dessus, à un quartzite très grossier.

De petits galets de quartz, arrondis, parfois exactement sphériques, de 500 microns à parfois 2 500 microns de diamètre, sont cimentés par de petits grains du même minéral, associés à des paillettes de séricite, et de petits feldspaths presque totalement séricitisés.

Aux galets de quartz, sont parfois associés de petits galets aplatis, ellipsoïdaux, millimétriques, d'un quartzite noir à grains fins (50 à 100 microns).

1.3. *GRÈS ARMORICAIN DE MORTAIN*

(planches photographiques, figure 7).

La tranchée de l'ancienne voie ferrée de Mortain à Saint-Hilaire-du-Harcouët nous montre les premiers

niveaux de l'assise gréseuse reposant en discordance sur le Briovérien.

Au-dessus des schistes briovériens, très redressés, apparaissent les premiers bancs faiblement pentés du grès armoricain, représenté par des quartzites poudingiques, à petits galets de quartz et de Briovérien.

Au-delà des premiers niveaux, dont la puissance n'excède pas 2 à 3 m, viennent des quartzites massifs, mal lités et ruiniformes, semblables à ceux des niveaux inférieurs de Domfront et de la Fosse Arthour. L'assise se termine par des niveaux de quartzites blancs en bancs métriques où BIGOT (1890-1895) cite la présence de *Tigillites dufrenoyi* Rou et *Lingula salteri* Davidson.

1.4. *GRÈS ARMORICAIN DE BAGNOLES-DE-L'ORNE.*

La nature lithologique des différents horizons de grès armoricain de Bagnoles-de-l'Orne est fort semblable à celle précédemment décrite à Domfront et à la Fosse Arthour.

Le fait principal à noter est la considérable augmentation de puissance du grès armoricain. Alors qu'à Domfront on pouvait évaluer à 80 ou 90 m la puissance totale du grès, il se développe à Bagnoles-de-l'Orne sur plus de 160 m.

Il semble que cette épaisseur considérable soit due à l'augmentation de puissance des niveaux supérieurs représentés ici par des quartzites blancs ou grisâtres, en bancs métriques, et extrêmement fossilifères; l'étude approfondie des fossiles du grès armoricain de Bagnoles, effectuée par J. MORIÈRE, en 1881, permet de dresser la liste des espèces qui y ont été recueillies :

Trilobites :	*Asaphus armoricanus* Trom.
	Displanus centrotus de Dalman.
Brachiopodes :	*Lingula lesueuri* Rou.
	Lingula brimonti Rou.
	Lingula salteri Davidson.
	Lingula hawkei Rou.
	plusieurs *Obolus.*
Bilobites :	*Cruziana rugosa* d'Orb.
	Cruziana furcifera d'Orb.
	Cruziana lefebvrei d'Orb.
	Cruziana prevosti Rou.
	Cruziana bagnolensis Mor.
Tigillites :	*Tigillites dufrenoyi* Rou.
	Tigillites hoeningshausi Salter.
	Trachyderma serrata Salter.
	Foralites pomeli Rou.
	Scolithes linearis Hall.
Conularidés :	*Conularia.*
Lamellibranches :	*Ctenodonta ribeiri* Sharpe.
	Modiolopsis Hall.
	Lyrodesma.
Problematica :	*Rysophycus barrandei* Trom. Lebesc
	Arenicola baculipunca Salter.
	Vexillum halli Rou.
	Doedalus newtoni Rou.
	Doedalus konincki.
	Froena St-Hilari Rou.
	Vermiculites panderi Rou.

1.5. *GRÈS ARMORICAIN DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

Il est très semblable au grès armoricain de Bagnoles-de-l'Orne, tant par sa nature lithologique que par l'épaisseur des différents horizons :

— l'ancien travers - banc d'extraction du minerai traverse successivement :
  - A la base environ 50 m de quartzites clairs, en bancs épais et peu diaclasés.
  - Au sommet plus de 100 m de quartzites clairs bien lités, en bancs métriques, et que surmontent une vingtaine de mètres de quartzites gris et noirs, avec fines intercalations centimétriques, de schistes noirs.

Le contact avec les schistes à Calymènes, ainsi que la base de la série, sont masqués le long du travers-banc par le soutènement indispensable dans les séries schisteuses.

1.6. *GRÈS ARMORICAIN DE LA FORÊT DE MONAYE.*

L'énorme surface des affleurements des grès qui constituent le sous-sol de la Forêt de Monaye est due aux faibles pendages de l'assise, mais aussi à la présence, à la base de la série de quartzites, dont la puissance excède 160 m, d'un niveau de 20 à 30 m d'un véritable poudingue.

Ce poudingue est constitué par des petits galets, de 5 mm à 1 cm, de quartz et de schistes briovériens, cimentés par une pâte quartzitique et feldspathique, où les éléments sont fins (200 à 300 microns).

Tantôt considérés comme cambriens (BIGOT, 1908), ou comme trémadociens (GRAINDOR, 1965) il semble tout à fait hasardeux de dissocier ces niveaux des quartzites francs sus-jacents, aucune observation ne venant à l'appui d'une telle dissociation.

1.7. *CONCLUSIONS.*

La figure 8 illustre les variations latérales de la composition de l'assise du grès armoricain :

— Partout où l'on peut observer le contact des premiers niveaux de grès armoricain avec le Précambrien, on note l'existence d'un horizon de quartzites poudingiques, dont la puissance, très réduite à l'Ouest de la région, dépasse 20 m à son extrémité orientale.

— Les quartzites homogènes sus-jacents constituent partout deux horizons distincts :

- à la base, 50 m de quartzites mal lités et peu diaclasés,
- au sommet, quartzites de plus en plus sombres avec très fines intercalations schisteuses, dont la puissance, sensiblement constante à l'Ouest de Domfront (50 m), augmente régulièrement entre cette localité et Bagnoles-de-l'Orne, où elle dépasse 100 m, puissance que possèdent les niveaux supérieurs du grès armoricain dans la région de La Ferrière-aux-Etangs.

Enfin, le passage à la série des schistes à Calymènes s'effectue tantôt par une alternance de niveaux schisteux ou gréseux (Domfront), tantôt par l'intermédiaire de niveaux très grossiers (La Fosse Arthour).

2. — *LES SCHISTES A CALYMÈNES (S2a)*

Les schistes à Calymènes qui se développent immédiatement au-dessus du grès armoricain sont partout représentés par une épaisse masse de schistes, lithologiquement très monotones, dont les principales caractéristiques sont :

— l'existence d'une faune riche et abondante,

— la présence d'un ou plusieurs horizons minéralisés,

— la présence de nombreux niveaux centimétriques plus gréseux et plus ou moins ferrugineux.

Ces trois facteurs sont constants à l'intérieur de toute la zone étudiée.

Un chapitre spécial étant consacré à une étude plus approfondie de la minéralisation, nous nous contenterons ici de donner un rapide aperçu de la composition de l'assise schisteuse et des faunes associées.

2.1. *SCHISTES A CALYMÈNES DE DOMFRONT.*

Ce sont les « Schistes du Pissot », décrits par H. Matte (1906) « Schistes argileux, ou argilomicacés, noirs, rarement franchement ardoisiers avec nombreux nodules silicoargileux fossilifères.

> Au microscope, on reconnaît de petits grains de quartz, arrondis, ne dépassant pas 50 microns, et des paillettes de muscovite et de séricite, englobés dans une pâte très fine, opaque. Dans certains plans de stratification, apparaissent des micas de grande dimension (500 microns) que l'on reconnaît fort bien à l'œil nu. La roche est une pélite très fine, légèrement psammitique.

A Domfront, à 20 m de la base environ, existe un petit niveau de 20 à 30 cm, dans lequel apparaît *Didymograptus murchisoni.*

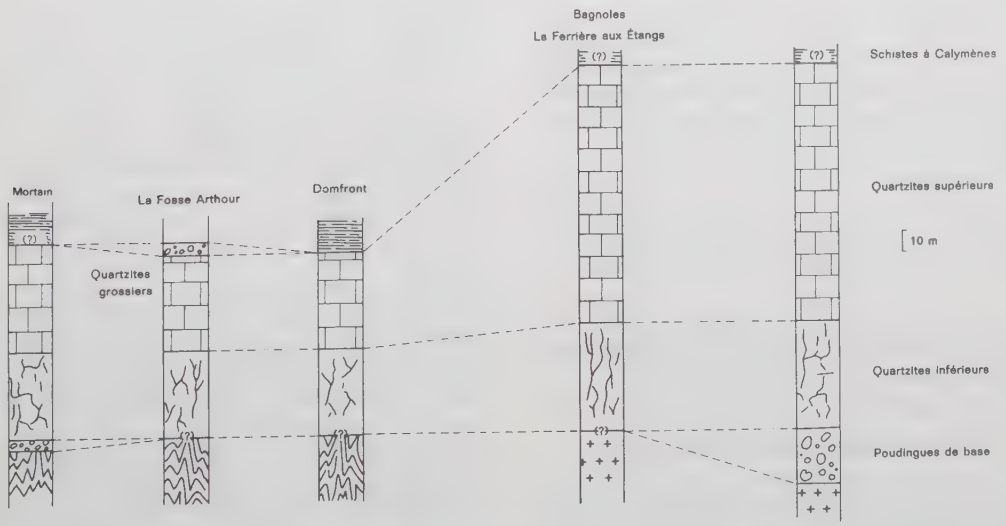


Fig. 8. — Variations latérales du faciès des grès armoricains.
(Les contacts entre le grès armoricain et les terrains inférieurs et supérieurs sont figurés avec le signe (?) lorsque subsiste une incertitude sur la nature des couches de passage).

Au-delà, à 30 ou 40 m de la base de la série, apparaît un niveau de quelques mètres de grès foncé à ciment ferrugineux.

La roche est formée par des grains de quartz arrondis, de 300 à 500 microns, englobés dans une pâte brune, constituée entièrement d'oxydes de fer.

Ces quartzites ferrugineux constituent, à Domfront, le seul accident notable dans la série très homogène des schistes à Calymènes; ceux-ci se développent au-delà des quartzites ferrugineux, sur plus de 100 m, et sont caractérisés par une faune très abondante, minutieusement décrite par Matte (1906) :

« Les Trilobites sont assez abondants. On y trouve notamment :

Calymene tristani	Brongn.
Calymene aragoï	Rou.
Dalmanites socialis	Bar.
Dalmanites philipsi	Bar.
Asaphus nobilis	Bar.
Placoparia tourneminei	Rou.
Illoenus gigantus	Burm.

Calymene tristani est constant dans toute l'épaisseur et il semble exclusif dans toute la partie inférieure, même au voisinage du niveau ferrugineux tandis que *Calymene aragoï* est plus localisé dans la partie supérieure.

Les autres genres, moins fréquents, tels que *Dalmanites, Asaphus, Illoenus,* sont de répartition plus inégale.

Un seul fragment de *Placoparia tourneminei* a été recueilli au Pissot, près du petit chemin qui, passant par la ferme de Gohier, coupe en racourci le coude de la route de Caen.

Les Brachiopodes (*Orthis, Lingula*), et les Lamellibranches (*Ctenodontes*), y sont très fréquents, les Céphalopodes (*Orthoceras*), les Ptéropodes (*Conularia*), les Ostracodes et les Crinoïdes sont également assez souvent rencontrés ».

2.2. *SCHISTES A CALYMÈNES DE MORTAIN.*

Dalimier (1861) donne dans la région de Mortain, la coupe suivante de bas en haut :

1. Minerai de fer et schistes ferrugineux.

Assise mince de quelques mètres au plus de puissance. Le minerai exploité y forme des veines contournées, fort irrégulières et inégales. Il est associé à un grès noir légèrement feldspathique, tacheté d'oxyde de fer, ou à un schiste gris ou rouge, micacé, qui offre parfois des traces de petits fucoïdes...

2. Schistes pyriteux.

Cette assise n'est qu'une subdivision de la suivante. Elle commence par un poudingue schisteux et a offert des fossiles au Neufbourg. Ce poudingue est formé par des fragments de schiste noir au milieu d'une pâte où dominent les grains de quartz, et traversée par des veinules de pyrite.

3. Schistes bleus ardoisés fossilifères.

Alternant peut-être plusieurs fois, avec des grès compacts, sans fossiles connus (Etage du *Calymene tristani*). Les fossiles se retrouvent aussi dans les bancs micacés d'aspects jaune terreux, subordonnés à la masse schisteuse. Ces schistes ne paraissent nulle part exploitables pour ardoises et sont fréquemment entremêlés de bancs gréseux très durs, noirs ou gris.

4. Schistes pyriteux à Graptolites.

Assise peu développée, augmente d'épaisseur quand on s'avance vers l'Est ».

Dalimier présente ensuite la liste des fossiles associés à l'étage (*op. cit.* p. 51) :

Calymene tristani, assez abondant, même dans les schistes pyriteux.
Calymene aragoï.
Dalmanites socialis.
Dalmanites sp, espèce très abondante.
Illoenus salteri.
Homanolotus sp, *Asaphus* sp.
Beyrichia, Orthoceras, Cypricardia, et autres, Bivalves indéterminables.
Theca, Pugiunculus, Redonia deshayesiana, Redonia duvaliana, Conularia, Orthis redux, Orthis sp. Lingules, Bryozoaires, Cystidés, *Didymograptus,* Fucoïdes.

A cette liste, A. de Lapparent (1877), ajoute quelque éléments nouveaux : « Dans une tranchée ouverte en 1876, pour la rectification du chemin de Mortain à Saint-Clément, au-dessous du bois de la Petite Fieffe, j'ai retrouvé tous les fossiles cités par Dalimier, et, en plus, des *Hyolithes*; au Neufbourg, j'ai recueilli un abdomen très net d'*Asaphus nobilis.* Enfin, à Bourberouge, j'ai recueilli plusieurs spécimens d'un *Bellerophon* ».

Enfin, en 1965, j'ai découvert, non loin de l'Etang de Bourberouge (à 500 m exactement, et au sommet de l'assise) un gisement fossilifère où *Neseuretus tristani* (Brongn) se trouve extrêmement abondant, et associé à *Kloucekia cf. phillipsi* (Bar.), des Dalmanitacés, *Orthis redux* et *Orthis* sp.

2.3. *SCHISTES A CALYMÈNES DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

Au-delà de la profondeur de 317 m, dans le sondage n° 1 de La Ferrière-aux-Etangs, profondeur qui correspond, comme nous le verrons plus loin, à la base de l'assise des grès du Petit May la succession stratigraphique est la suivante :

Profondeur	Terrains traversés
317 — 319	Schistes gréseux
319 — 322,70	Schistes gréseux et pyriteux
322,70 — 324,40	Schistes gréseux
324,40 — 328,10	Schistes
328,10 — 333,50	Schistes gréseux
333,50 — 347,10	Schistes
347,10 — 349,25	Quartzites gris à noirâtres
349,25 — 358	Schistes avec quelques bancs gréseux
358 — 358,55	Quartzites
358,55 — 374	Schistes avec quelques bancs gréseux
374 — 475,80	Schistes
475,80 — 478	Schistes avec quelques bancs gréseux
478 — 491,10	Schistes
491,10 — 493,10	Grès avec bancs schisteux
493,10 — 496,90	Minerai de fer
496,90 — 497,40	Grès
497,40 — 527	Schistes
527 — 527,40	Schistes gréseux

Le grès armoricain est atteint à la profondeur de 527,40 m. Compte tenu du pendage moyen des assises, la puissance de l'ensemble des schistes à Calymène est, à La Ferrière-aux-Etangs, de 180 m environ. Il s'agit d'une série monotone de schistes, admettant quelques accidents gréseux aux niveaux + 42 m, + 130 m, + 144 m, et + 165 m.

3. — *LES GRÈS DE MAY* (S_2b)

La division, démontrée par Kerforne à May-sur-Orne, de l'étage des grès de May en trois horizons distincts, reste à l'intérieur de toute la zone étudiée le caractère essentiel de la stratigraphie des grès de May. De bas en haut, on distingue :

— Les grès du « Petit May ».
— Les schistes intermédiaires » (1).
— Les grès du « Grand May » (ou « Gros May »).

(1) Nous emploierons par la suite constamment ce terme de « schistes intermédiaires », sans risque de confusion avec les schistes intermédiaires du grès armoricain de Bretagne.

Aucune coupe complète n'existe dans l'ensemble des synclinaux de Domfront, et de La Ferrière-aux-Etangs. Ce n'est qu'à la faveur de conditions très particulières (tranchées de routes ou carrières), que l'on peut observer ponctuellement les différents niveaux des grès de May.

3.1. *LE PETIT MAY ET LES SCHISTES INTERMÉDIAIRES.*

C'est encore la Vallée de la Varenne, à Domfront, qui va nous fournir les observations de base. Toutefois, à Bagnoles-de-l'Orne, les travaux de réfection de l'hippodrome entaillent largement les deux niveaux de base des grès de May, et un certain nombre de sondages miniers (Concession de l'Ermitage, La Ferrière-aux-Etangs, Halouze), nous fournissent de précieux renseignements d'ordre géométrique (puissance des niveaux). Les carottes de ces sondages, ne sont hélas plus disponibles, et toute comparaison lithologique se trouve de ce fait exclue.

3.1.1. Coupe de la Vallée de la Varenne

Le petit chemin descendant, vers le Nord, de la carrière supérieure des Tanneries vers le Pont de Caen entaille la base des grès de May le long de son talus ouest. Successivement, vers le Nord on observe :

— Des quartzites blancs, durs, micacés, à patine roussâtre, dont les blocs sont visibles sur 30 m environ, le long du chemin. Compte tenu du pendage général des assises de 30 à 40°, on peut évaluer à une vingtaine de mètres la puissance de ce premier niveau (grès du petit May).

— Au-delà, affleure, sur une puissance d'environ 25 m, une série de schistes noirs, très fins, et assez semblables aux schistes de la partie moyenne des schistes à Calymènes. Ces schistes sont extrêmement fossilifères, et j'ai pu y recueillir les espèces suivantes :

Trilobites
Oggyiocaris sp.
Ectillaenus sp.
Zeliszkella sp.
Kloucekia michelini (de Trom., 1876).
Neseuretus tristani (Brongn.).

Outre les Trilobites, ont été trouvés de nombreux Conulaires et Ostracodes (*Primitia* sp), des Orthacés (*Drabovia*), divers Lamellibranches et Gastéropodes (*Bellerophon* sp).

Si *Marrolithus bureaui* (Oehlert) qui caractérise

les schistes intermédiaires n'a pu être découvert, la faune se caractérise toutefois par la rareté de *Neseuretus tristani* (Brongn.) et par l'abondance relative des Trilobites de la sous-famille des Zeliszkellinées, avec les genres *Zeliszkella* et *Kloucekia*, et c'est essentiellement en cela qu'elle diffère de la faune des schistes à Calymènes.

Le passage entre les grès du Petit May et les schistes susjacents (Schistes intermédiaires) n'est pas visible le long du chemin. Toutefois, Skrodzky (1861) décrit un peu plus à l'Ouest : « un peu avant la Haute Chapelle, sur le chemin de la Pichellière les couches de contact, constituées par « de petits lits gréseux à lentilles schisteuses séparés par de petits cordons de schistes micacés ».

3.1.2. Région de Mortain

Au Nord-Ouest de Mortain, à la Dairie, Dalimier (1861) note la présence, immédiatement au-dessus des schistes à Calymènes, de grès blancs qui « offrent fréquemment des zones concentriques dues à des colorations ferrugineuses; entre leurs bancs sont d'épais feuillets de mica altéré, blanc d'argent ».

La situation de ces grès au sommet des schistes à Calymènes en fait l'équivalent des grès du Petit May.

3.1.3. Coupe de l'hippodrome de Bagnoles-de-l'Orne

La succession des horizons inférieurs de May y est en tous points semblable à celle de Domfront.

Au-dessus de quartzites blancs à patine brune, saccharoïdes, en gros bancs, vient une série de schistes noirs, très fins, micacés, renfermant de petits nodules centimétriques de grès. Ces schistes, donnant par altération des schistes argileux jaunâtres, sont extrêmement noirs et pyriteux à leur partie supérieure. Le contact entre ces schistes et les grès susjacents est franc : au dernier lit de schistes pyriteux succède le premier banc de l'horizon du Grand May, constitué d'un quartzite blanc.

Les puissances des deux horizons inférieurs — gréseux et schisteux — peuvent être évaluées à une trentaine de mètres, soit environ 60 m pour l'ensemble du Petit May et des schistes intermédiaires.

3.1.4. Concession de l'Ermitage

A l'extrémité orientale de l'ensemble primaire de Domfront, les travaux de recherche de minerai de fer définissent ainsi la base de l'ensemble de May :

— une trentaine de mètres de grès succédant immédiatement aux derniers niveaux des schistes à Calymènes;

— une trentaine de mètres de schistes succédant aux grès précédents et où sont intercalées deux couches de minerai de fer.

Aucun renseignement ne nous est fourni quant à la nature lithologique de ces grès et schistes, ni sur la disposition relative des couches minéralisées dans les schistes.

Toutefois, la disposition de ces niveaux à la base de la série du Grand May permet d'en faire l'équivalent du Petit May et des schistes intermédiaires décrits à Domfront et à Bagnoles-de-l'Orne.

3.1.5. La Ferrière-aux-Étangs

Le sondage n° 1 de La Ferrière-aux-Etangs traverse de part en part l'ensemble des niveaux compris entre les schistes supérieurs et le grès armoricain. Il nous montre, au-dessus des schistes à Calymènes, la succession suivante, de haut en bas :

253,10	— 259	Schistes avec niveaux de quartzites
259	— 261	Quartzite grisâtre cassuré, très dur
261	— 263,20	Quartzite grisâtre, schisteux
263,20	— 269,50	Quartzite grisâtre
269,50	— 271,30	— Quartzite grisâtre, schisteux
271,30	— 280,80	Quartzite grisâtre
280,80	— 282,40	Quartzite grisâtre avec passages schisteux
282,40	— 284,65	Quartzite grisâtre
284,65	— 286,55	Quartzite grisâtre avec passages schisteux
286,55	— 292,35	Quartzite grisâtre
292,35	— 303,15	Quartzite noirâtre à grisâtre
303,15	— 315,20	Quartzite
315,20	— 316,80	Quartzite schisteux
316,80	— 317	Quartzite
317	— 319	Schiste gréseux, quartzeux
319	— 322,70	Schiste pyriteux

C'est-à-dire qu'entre 259 m et 317 m on traverse un ensemble de quartzites pâles avec quelques niveaux schisteux intercalés. Compte tenu d'un pendage moyen de 30°, la traversée correspond à environ 45 m de quartzites représentant le Petit May.

Les schistes intermédiaires sont traversés de 214,65 à 259 m :

214,65	— 227,85	Grès grisâtre et bancs de schiste noir
227,85	— 235,60	Schiste gréseux
235,60	— 245,20	Grès et bancs de schiste
245,20	— 253,10	Grès schisteux
253,10	— 259	Schiste avec niveaux de quartzites

La puissance de cet horizon peut donc être évaluée à 35 m environ. C'est un ensemble essentiellement schisteux, avec intercalations de « grès ». Par opposition aux quartzites du Petit May, ces « grès » représentent vraisemblablement des niveaux plus durs au sein des schistes intermédiaires.

La même succession stratigraphique s'observe dans la mine le long du travers-banc du puits n° 2. A 35 m environ de quartzites clairs, succèdent des schistes noirs, fins, visibles sur plus de 20 m de puissance jusqu'à l'extrémité du travers-banc et admettant quelques intercalations de schiste dur, noir, mal lité et quartzitique, correspondant aux « grès » définis par les sondeurs.

A la base des schistes se trouve intercalé un petit niveau de grès psammitique et ferrugineux, dont la puissance oscille entre 0,20 et 0,40 m. Ce niveau, constant à l'intérieur de toute la mine, constitue un excellent niveau repère.

3.1.6. Concession de Halouze

Les sondages n° 4 et 5 nous fournissent des renseignements purement géométriques, relatifs aux puissances respectives du Petit May et des schistes intermédiaires. Ils ont tous deux été forés à partir des schistes intermédiaires (dont nous connaîtrons ainsi la puissance minimale) et ont traversé des niveaux subhorizontaux.

Sondage n° 4			Puissance correspondante
0	— 2,80	Argiles	
2,80	— 46,10	Schistes intermédiaires	> 43,30 m
46,10	— 88,10	Petit May	42 m

Sondage n° 5			
0	— 15,30	Schistes et grès décomposés	Répétition de niveaux schisteux et gréseux dûe à des complications tectoniques (failles inverses)
15,30	— 19,30	Schistes	
19,30	— 27,60	Grès	
27,60	— 52,20	Schistes	
52,20	— 87,30	Grès du Petit May	35,10 m

On peut donc noter, à l'intérieur de la concession d'Halouze, la constance des puissances du Petit May et des schistes intermédiaires.

En conclusion, les deux horizons existent avec une grande constance, de faciès et de puissance, à l'intérieur de toute la région étudiée.

Petit May (30-45 m) : Quartzites clairs à intercalations schisteuses.

Schistes intermédiaires (30-45 m) : Schistes noirs, fins, à intercalations gréseuses.

3.2. *LE GRAND MAY.*

3.2.1. La région de Domfront

Encore une fois, nulle part ailleurs qu'à Domfront, on ne peut observer avec autant de précision la succession des niveaux du Grand May.

En effet, à quelques centaines de mètres au Sud du Pont de Caen, une carrière entame largement les horizons supérieurs de cette assise.

Au Sud de cette carrière, au-delà des derniers affleurements des schistes intermédiaires, apparaissent des quartzites blancs, fins parfois grisâtres ou rosâtres.

Le quartz s'y présente en grains irréguliers, de dimensions variables (100 à 300 microns).

Aux interstices des grains de quartz, la séricite, fine s'associe parfois à de grandes lamelles de muscovite (300 microns). Cette muscovite, rare, est cependant caractéristique de ces quartzites (planches photographiques, figure 9 a).

Ces quarzites clairs se développent, en bancs de quelques centimètres à parfois un mètre, sur une puissance visible supérieure à 50 m. La carrière du Pont de Caen n'attaque que les douze mètres supérieurs de cette première série de quartzites.

Au-delà du dernier banc, apparaissent des quartzites gris-noirâtres, en petites plaquettes de quelques centimètres, alternant avec des quartzites grisâtres, rognonneux, psammitiques, à surface mordorée, et des schistes noirs, extrêmement micacés. Ces alternances schisto-quartzitiques se développent sur environ 1,80 m.

Quartzites gris-noirâtres (planches photographiques figure 9 b).

Le quartz est généralement sans formes cristallines bien nettes, parfois hypidiomorphe : les cristaux voient leurs dimensions osciller autour de 200 microns.

Un ciment chloriteux englobe les cristaux de quartz, et l'on trouve, à côté de la chlorite, de rares paillettes (300 microns) de biotite en voie de sericitisation, ainsi que quelques prismes de zircon et quelques cristaux de tourmaline.

Quartzites psammitiques (planches photographiques figure 10 a).

Le quartz, en cristaux de 100 à 200 microns, y est cimenté par une pâte sériciteuse et se trouve associé à de petits cristaux de feldspath indéterminables, presque totalement sericitisés.

Schistes noirs (planches photographiques figure 10 b).

Des noyaux de quartz, hétérogranulaires (100 à 300 μ) sans formes cristallines, sont entourés de fines pellicules de chlorite et de séricite, d'une cinquantaine de microns d'épaisseur. Le tout est cimenté par une pâte pélitique noire, ferrugineuse.

Au-delà de ces alternances de schistes et quartzites se développe une deuxième série de quartzites blancs à rosés en bancs métriques, sur une quinzaine de mètres. Ces quartzites sont couronnés par 0,45 m de schiste noir, micacé, entièrement analogue au précédent.

Enfin, le sommet du Grand May est représenté par trois séquences quartzite-schiste analogues, dont les puissances successives sont respectivement de 3 m + 0,50 m, 4 m + 0,60 m, 5 m + 1 m (puissance des quartzites + puissance des schistes noirs). Ces quartzites deviennent d'ailleurs de plus en plus sombres au fur et à mesure que l'on s'élève dans la série. Un dernier banc de quartzite surmonte, à l'extrémité nord de la carrière le dernier mètre de schistes noirs. Ce quartzite est excessivement dur, possède une couleur très caractéristique vert olive, et est très légèrement micacé. Examiné sous le microscope, il se montre extrêmement semblable aux quartzites blancs de la base de la série, mais de petits grains de pyrite contribuent à lui donner sa teinte générale foncée (planches photographiques, figure 11 a).

Faune.

Les niveaux de grès sont peu fossilifères. A. DE LAPPARENT, dans une note à la Société Géologique de France (1894) y signale la découverte de fossiles, en mauvais état de conservation, découverte faite en 1894 par M. RETOUT; il y cite la présence d'abdomens d'*Homanolotus, Orthis* et Bivalves.

Au village du Pont de Caen, c'est-à-dire dans les niveaux supérieurs du Grand May, on note la présence de *Dalmanites, Orthis* et de Lamellibranches, localisés dans des nodules plus sableux au sein des quartzites, nodules représentant vraisemblablement des passées calcaires totalement décalcifiées.

3.2.2. Grand May de Mortain

A. DE LAPPARENT (1877-79) donne, des grès du Grand May, la description suivante :

« Couche peu épaisse de quartzites que couronnent des grès en plaquettes assez minces, au milieu desquels sont intercalés des bancs rognonneux épais de 2 à 5 cm, d'un grès micacé blanc verdâtre. Les rognons, très durs et siliceux au milieu, sont micacés à la surface et laissent voir de nombreuses empreintes analogues à des fucoïdes... Les grès proprement dits sont quartzeux, leur coloration est fréquemment rosée et leur donne un aspect tout à fait identique avec les grès de May ».

Il s'agit donc d'un faciès très semblable à celui des quartzites du Grand May de Domfront, quartzites blancs à la base, passant progressivement à des quartzites en bancs moins épais, intercalés de niveaux centimétriques de psammites rognonneux.

La puissance totale du Grand May entre Domfront et Mortain semble rester voisine d'une centaine de mètres.

3.2.3. Bagnoles-de-l'Orne

Les deux carrières de La-Chapelle-Saint-Ortaire, qui entaillent respectivement les niveaux inférieurs et supérieurs des grès du Grand May, nous montrent une succession fort semblable.

Carrière sud (Base du Grand May).

Les niveaux de la base du Grand May y sont représentés par des quartzites blancs, fins, en bancs de 0,50 à 1 m passant, progressivement dans les horizons supérieurs, à des quartzites en bancs moins épais, dont la surface présente fréquemment de très beaux ripple-marks.

Carrière nord (Niveaux supérieurs).

Les quartzites sont blanchâtres à rosés, parfois plus foncés, en bancs puissants (0,50 à 1 m).

Les grains de quartz sont peu roulés, fréquemment hypidiomorphes, de dimensions variables de 100 à 300 microns; on observe la séricite fréquente aux interstices des cristaux de quartz, et la muscovite, en fines lamelles allongées selon les plans de stratification.

Dans ces quartzites sont intercalés de petits niveaux de schistes tendres, argileux et très micacés, extrêmement altérés à l'affleurement; ils s'accompagnent d'intercalations centimétriques de quartzites rognonneux, grisâtres, psammitiques.

Il s'agit donc des niveaux précédemment décrits à Domfront, et caractéristiques du Grand May : quartzites clairs à la base, quartzites à intercalations centimétriques de schistes et de psammites au sommet de la série.

La puissance de l'ensemble peut être évaluée à

100 m compte tenu de la largeur d'affleurement de la bande des grès de May (200 m) et d'un pendage moyen de 35 gr.

3.2.4. La Ferrière-aux-Étangs

Coupe de sondage n° 1.

On observe au-dessus des schistes intermédiaires, la succession suivante :

Profondeur.	Terrains traversés.
20,50 — 21,80	Quartzites
21,80 — 25,75	Schistes gréseux
25,75 — 97,35	Quartzites grisâtres
97,35 — 97,50	Grès schisteux
97,50 — 105,80	Quartzites grisâtres
105,80 — 107,70	Quartzites grisâtres avec passages schisteux
	Source artésienne de 108 à 109
107,70 — 113,50	Quartzites grisâtres avec passages schisteux
113,50 — 114,05	Quartzites grisâtres
114,05 — 116,10	Quartzites grisâtres avec bancs de schistes noirs
116,10 — 120,20	Schistes gréseux
120,20 — 186,60	Quartzites blanchâtres à grisâtres
186,60 — 191,75	Quartzites grisâtres avec passages schisteux
191,75 — 197,90	Quartzites grisâtres
197,90 — 208,50	Quartzites grisâtres avec intercalations de schistes
208,50 — 214,65	Quartzites grisâtres

Il est probable qu'une faille (correspondant à la source artésienne) détermine la répétition partielle des niveaux du Grand May. En effet, dans les deux séries, de part et d'autre de la cote 108, on observe au-dessus d'une puissante série de quartzites, des intercalations de quartzites et des schistes noirs correspondant exactement à la série décrite à Domfront.

La puissance du Grand May semble être comprise entre 120 et 140 m dans la région de La Ferrière-aux-Etangs.

Conclusions

Toutes les coupes effectuées en différents points des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs montrent une série très constante de quartzites blancs que couronnent des intercalations de schistes noirs et de quartzites : la puissance de l'ensemble est également très constante (100 à 140 m).

4. — *LES SCHISTES SUPÉRIEURS* (S2C)

L'appellation de « schistes supérieurs » pour désigner la série qui se développe immédiatement au-dessus du Grand May est impropre. Il s'agit partout, aussi bien dans le synclinal de Domfront que dans celui de La Ferrière-aux-Etangs, d'un ensemble de schistes dans lesquels sont intercalés des niveaux gréseux, mais qui dans la morphologie correspond à des zones déprimées sans affleurements, très semblables à celles que déterminent les schistes à Calymènes, ou les schistes siluriens. Toutefois, l'habitude ayant consacré ce terme de « schistes supérieurs » nous l'accepterons dans son appellation large, d'ensemble schisto-gréseux.

L'observation de ces niveaux est délicate. Il n'en existe aucune coupe naturelle continue, seuls de rares affleurements donnent une idée de la lithologie de l'ensemble.

4.1. *SCHISTES SUPÉRIEURS DE DOMFRONT.*

4.1.1. Niveaux inférieurs

Ce sont des « schistes du Pont de Caen », décrits par H. Matte (1906) : « Les grès de La - Haute - Chapelle (Grand May) se terminent au-dessous du hameau du Pont de Caen, par un puissant banc de quartzites durs, très sombres, lesquels, au-delà des dernières maisons du hameau, supportent une épaisse masse de schistes noirs, très argileux, peu fissiles, et intercalés de nombreux bancs gréso-micacés peu épais ».

Les affleurements que décrit ici H. Matte ne sont plus actuellement visibles. Ce n'est qu'au Nord du Pont de Caen (c'est-à-dire au Nord d'une répétition par faille de la série Grès de May-Schistes supérieurs) que l'on peut observer la succession des premiers niveaux des schistes supérieurs, le long du talus ouest de la route nationale Domfront-Flers.

Les derniers horizons du grès de May, représentés par les quartzites vert-olive précédemment décrits, supportent une vingtaine de mètres de schistes noirs (A), fins, très micacés, prenant à l'affleurement des teintes délavées dans les tons jaunâtres ou verdâtres. Au-delà de ces schistes, affleure la base d'un niveau de grès verts (B), grossiers, bien lités; les termes de passage entre les deux niveaux sont représentés par des schistes très grossiers, verdâtres et micacés.

Les schistes (A) se montrent très fins, constitués de petits grains de quartz disséminés dans une pâte phylliteuse, opaque, où l'on reconnaît toutefois la muscovite et la séricite. Les quartz sont fréquemment hypidiomorphes, et sont ceints d'une fine pellicule de séricite ou d'oxyde de fer.

Les grès verts (B) sont feldspathiques; à côté du quartz, généralement sans formes cristallines, anguleux, de dimensions variables de 100 à 300 microns, on note la présence d'orthose en petits grains inférieurs à 150 microns.

La séricite apparaît en fines lamelles aux interstices des cristaux de quartz et de feldspaths.

Faune.

H. Matte a recueilli « dans deux petits niveaux très voisins, situés à une dizaine de mètres de la base, les espèces suivantes :

Homanolotus oehlerti, Kerf.
Beyrichia bussacensis, R. Jones.
Primitia simplex, R. Jones.
Bellerophon, Lingula, Lamellibranches ».

4.1.2. Niveaux moyens

Aucun affleurement ne permet de les décrire, dans la région de Domfront. Dans la tranchée de la voie ferrée, au Nord du Pont de Caen, quelques blocs de grès verdâtres, très altérés, chargés d'oxydes de fer, laissent supposer la présence de niveaux gréseux intercalés dans les schistes, schistes dont la présence se traduit par des prairies humides et fertiles.

4.1.3. Niveaux supérieurs

La carrière du Moulin Plein, à 1 500 m environ au Nord-Est du Pont de Caen, le long de la voie ferrée, nous montre les niveaux sommitaux des schistes supérieurs, dessinant une voûte anticlinale peu accentuée, sous le grès culminant qui les surmonte. Ces derniers niveaux sont constitués par des schistes noirs, mal lités, se débitant en parallélépipèdes esquilleux, et renfermant des petits fragments de roches diverses, de forme irrégulière, mais jamais arrondie; il s'agit d'une véritable brèche à éléments disséminés.

Eléments de la brèche.

Ils sont représentés par de petits fragments, de dimension généralement inférieure au centimètre, de roches de diverse nature :

— Quartzites blancs, fins, uniquement constitués de quartz, s'apparentant à certains niveaux du grès armoricain.

— Quartzites blancs, fins, à grains de quartz de 200 à 300 microns, parfois cimentés par de la séricite, semblables aux quartzites du Grand May.

— Grès verdâtres, où l'on reconnaît à côté du quartz, la séricite, parfois abondante, et un ou plusieurs feldspaths, extrêmement altérés. Ces grès rappellent beaucoup les grès intercalés dans les schistes supérieurs.

— Calcaire blanc, à grain fin, sans trace d'organisme.

Ciment

Il est constitué d'une pâte argileuse noire, obscurcissant les lames minces, dans laquelle on reconnaît le quartz, en petits grains arrondis de quelques centaines de microns, accompagné de séricite en fines lamelles et d'un feldspath totalement séricitisé.

Ces schistes noirs affleurent au front de taille de la carrière, sur une puissance de 7 à 8 m.

La nature de la roche, brèche polygénique à éléments disséminés, sa position stratigraphique au sommet des schistes supérieurs, permettent d'en faire l'équivalent des « Pélites gréseuses à fragments polyédriques » décrites par F. Doré, J. Poncet et M. Rioult, dans l'Ordovicien supérieur du Calvados (1963), niveau reconnu dans le Calvados (May-sur-Orne et Urville) aussi bien que dans la Manche (Saint-Germain-sur-Ay, Saint-Jean-de-Rivière) et que dans la région d'Alençon (Saint-Nicolas-des-Bois) et caractérisant dans cette région le passage de l'Ordovicien au Silurien.

Dès 1895, Bigot avait déjà remarqué la présence, au sommet des schistes supérieurs de Domfront, des « schistes brunâtres, vacuolaires par la disparition de petits galets argileux », surmontés de « grès en plaquettes blancs ou d'un gris clair, à surface généralement brunâtre », représentant le grès culminant.

4.1.4. Puissance totale de la formation des schistes supérieurs

Il est difficile de l'évaluer avec précision, du fait de la discontinuité des affleurements. Il semble qu'elle ne soit pas inférieure à 70 ou 80 m (épaisseur calculée géométriquement dans le panneau monoclinal de schistes supérieurs affleurant immédiatement au Nord du Pont de Caen).

4.2. *LES SCHISTES SUPÉRIEURS VERS MORTAIN*

Entre Domfront et Mortain, aucune coupe naturelle ne permet de préciser les variations de la stratigraphie des schistes supérieurs. Il semble toutefois que la composition lithologique de l'ensemble défini par des alternances de grès tendres et micacés, et de schistes fins, reste sensiblement constante : au Nord-Est de la ferme du Cerisier (à l'Est de Lonlay-l'Abbaye), un chemin creux entame environ 20 m de ces alternances, représentées par des schistes et grès en bancs de quelques décimètres.

4.3. *SCHISTES SUPÉRIEURS DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

Le petit chemin qui descend de la route de Flers à La-Ferté-Macé, vers la ferme des Ventes, nous permet d'observer, au-dessus de schistes fins, jaunâtres à l'affleurement, intercalés de bancs décimétriques de grès verdâtres, psammitiques, le grès culminant : les niveaux supérieurs (Pélites gréseuses à fragments polyédriques) n'existent pas à La Ferrière-aux-Etangs. La puissance totale de l'assise semble ici voisine de 100 m.

5. — *LE GRÈS CULMINANT* (S3a)

Au-dessus des pélites gréseuses à fragments polyédriques se développe un nouvel horizon de quartzites, caractérisé par la présence de feldspaths et de pyrite à tous les niveaux.

5.1. *GRÈS CULMINANT DE DOMFRONT.*

A la base de la série, les quartzites sont blancs, bien lités, en bancs de 0,50 à 1 m, les surfaces de stratification sont marquées par des taches d'oxyde de fer, dessinant des auréoles irrégulières :

> Le quartz et l'orthose constituent la plus grande partie de la roche, le quartz en grains anguleux, hétéromorphes, de 100 à 200 microns, et l'orthose en grains plus arrondis, de dimensions analogues, extrêmement altérés en séricite.
>
> Ces deux minéraux principaux s'accompagnent de pyrite assez abondante, en granules d'une centaine de microns, d'un plagioclase extrêmement altéré, de tourmaline et de zircon, rares; la séricite, enfin apparaît parfois aux interstices des cristaux de quartz et d'orthose (fig. 11 b - 11 c).

Au-dessus de ces quartzites clairs, dont l'épaisseur n'excède guère 20 m, débute une série de quartzites sombres fréquemment violacés, où la pyrite, en grande abondance, forme de petites enclaves sphéroïdales de quelques millimètres de diamètre. L'altération de la pyrite en oxyde de fer, diffusant dans la masse de la roche, lui communique sa couleur foncée, dont l'intensité augmente graduellement, à partir des quartzites blancs de la base, jusqu'aux quartzites noirs violacés qui vont caractériser la série de grès culminant jusqu'à ses niveaux sommitaux.

La puissance totale de l'ensemble des quartzites semble voisine de 70 m, près de Domfront.

Ce grès culminant est l'équivalent des « Grès du Defais » décrits par Matte (1906).

« Aux schistes et grès de la Violière, succèdent de nouveaux grès fort différents de tout ceux qui précèdent tant par leur nature franchement quartziteuse que par leur couleur très sombre et leur disposition en bancs peu épais bien lités, lardés de nombreux filonnets de quartz laiteux ».

« La base de ces grès présente un niveau peu important de schistes argileux, très noirs, qu'on a ramené d'un puits creusé à la Guyardière. J'y ai trouvé plusieurs nodules siliceux durs, dont le centre argileux et friable porte des empreintes de Bolboze (*B. anomala* ? Barr.), dans l'un d'eux j'ai reconnu la contre-empreinte d'un lamellibranche : *Lunulocardium carolinum* Barr. ».

« Les grès n'ont fourni aucun fossile ».

Ainsi est-il possible de rapporter les grès du Defais de Matte au grès culminant et les schistes, au niveau terminal des schistes supérieurs.

5.2. *GRÈS CULMINANT DE LONLAY-L'ABBAYE.*

Il se caractérise par la disparition presque totale de la pyrite dans les niveaux moyens. Celle-ci ne subsistant que dans les quelques derniers mètres de l'étage, le grès culminant est alors constitué d'une série assez homogène de quartzites clairs, feldspathiques, en bancs réguliers de quelques décimètres.

> Le grain de la roche est fin, 100 à 200 microns, le quartz et l'orthose s'accompagnent de pyrite, en petits grains disséminés, d'un plagioclase, et de

sériciteen fines lamelles aux interstices des cristaux de quartz et d'orthose.

Seuls les derniers horizons sont représentés par des quartzites foncés pyriteux.

5.3. *GRÈS CULMINANT DE LA FORÊT D'ANDAINE.*

La pyrite, caractéristique de l'étage à Domfront, semble ne plus exister dans aucun niveau : le grès culminant est constitué par une assise homogène de quartzites blancs, parfois teintés de rouge par des oxydes de fer, en bancs décimétriques à métriques.

Toutefois, on peut noter l'apparition, entre les bancs de quartzites, de petites intercalations argileuses, centimétriques; l'argile provient de la décomposition d'un grès extrêmement micacé et feldspathique, en petites plaquettes. Ces intercalations de faible importance à l'Ouest de la Forêt d'Andaine (Carrière de La-Roche-aux-Dames au Sud-Est de Champsecret) sont de plus en plus nombreuses lorsqu'on s'éloigne vers l'Est; la carrière des Brisettes, au Nord-Ouest de Saint-Michel-des-Andaines entaille des niveaux de quartzites blancs intercalés de niveaux de grès argileux, constants sur toute la hauteur du front de taille, et dont la puissance atteint parfois 15 à 20 cm.

5.4. — *GRÈS CULMINANT DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

Il est représenté par des quartzites blancs, psammitiques et feldspathiques, en bancs décimétriques, souvent lenticulaires, intercalés de niveaux de grès micacé s'altérant à l'affleurement en argile blanchâtre. Les bancs de quartzites sont nettement moins épais que dans la région de Domfront, et l'altération facile des différents niveaux entraîne l'atténuation, voire même la disparition du relief que détermine le grès culminant.

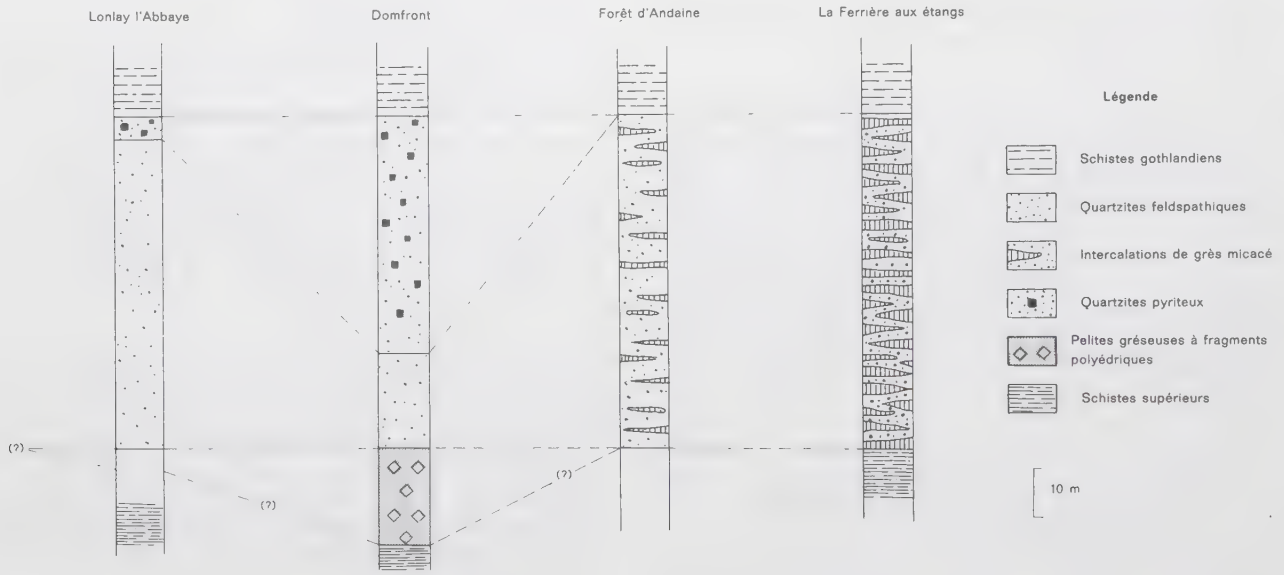


Fig. 12. — Variations latérales du faciès des grès culminants.

Le tableau suivant (fig. 12) schématise les variations du faciès du grès culminant et montre :

— l'importance que prennent vers l'Est, les intercalations de grès argileux dans les quartzites;

— la décroissance de la teneur en pyrite, de part et d'autre d'un maximum atteint dans la région de Domfront. Il est intéressant de constater que cette anomalie pyriteuse coïncide avec la seule zone où l'on puisse constater la présence des pélites gréseuses à fragments polyédriques, ce fait est à rapprocher des observations effectuées dans le Calvados, où les pélites gréseuses s'accompagnent toujours d'un ou plusieurs niveaux de grès pyriteux.

6. — *LES SCHISTES SILURIENS* (S3b)

Leurs affleurements sont toujours d'une extrême rareté, et ils ne sont connus qu'à la faveur de travaux superficiels, puits ou tranchées de route. Comme ils forment partout l'assise terminale du Primaire, il sera hors de question d'en évaluer la puissance, ou même d'en donner des coupes complètes détaillées.

6.1. *RÉGION DE DOMFRONT.*

Michel (1860) est le premier à décrire les « schistes ampéliteux » de Domfront : schistes noirs, très feuilletés, à Graptolites (*Graptolitus colonus*) et fragments d'*Orthoceras*. Skrodzky (1890) note, au-dessus de grès culminant, l'existence de schistes ampéliteux, durs, peu fissiles, noduleux et très pyriteux. C'est encore Matte (1906) qui nous offre la meilleure description de l'étage :

« La dépression qui s'étend depuis le Defais jusqu'au Tertre Grippon est occupée par des schistes ampéliteux, très feuilletés, diaclasés, à *Orthoceras, Cardiola interrupta,* et nombreux Graptolites (*Monograptus colonus, M. vomerinus*).

« Je n'ai pas rencontré de bancs calcaires, mais quelques rares nodules de forme ovoïde, noirs, lourds, d'une grande dureté, siliceux, légèrement pyriteux et faisant nettement effervescence à l'acide chlorhydrique. Le plus gros, qui dans ses deux plus grandes dimensions avait 28 cm sur 10 cm, présente sur sa surface, une valve en relief de *Cardiola interrupta* ».

Plus récemment (1965) Graindor écrit : « le Wenlockien est formé par des schistes souvent ampéliteux, noirs, plus rarement vert foncé. On y trouve de nombreuses paillettes de mica. Un autre trait caractéristique des schistes wenlockiens est la présence de nodules dont la taille moyenne est de l'ordre du décimètre cube. Ces nodules, souvent calcaires, contiennent des fossiles ».

Ces fossiles sont *Monograptus armoricanus* Philip, *Monograptus priodon* Burm, *Monograptus dubius* Suess.

En vérité, les niveaux ampéliteux du Silurien ne sont qu'exception. Aux diférents endroits où nous avons pu noter la présence des schistes, ils se sont montrés sous un faciès constant de schistes fins, gris foncé, à patine blanche légèrement roussâtre; ils se débitent en petites plaquettes de quelques millimètres d'épaisseur, ou offrent parfois un aspect ligneux, à débit en parallélépipèdes allongés.

Enfin, dans ces schistes, sont fréquemment intercalés des niveaux de quelques centimètres d'épaisseur, de grès noirs où les grains de quartz sont noyés dans une pâte très sombre, cryptocristalline.

Il est donc abusif de qualifier l'ensemble de la série « d'ampélites » ou de « schistes ampéliteux »; nous préfèrerons utiliser le terme de « schistes siluriens ».

6.2. *RÉGION DE BAGNOLES-DE-L'ORNE.*

La tranchée de la voie ferrée entre Bagnoles-de-l'Orne et La Ferté-Macé entaille les assises siluriennes, au Nord de la forêt de La-Ferté.

Les schistes siluriens se montrent sous un faciès légèrement différent. Les schistes tendres ont fait place à des alternances de schistes fins, noirs, à débit en petites plaquettes et à interlits micacés, et de grès fins, verdâtres, en plaquettes dont les surfaces de stratification sont mordorées.

Des schistes blanchâtres, à surface mamelonnée, noduleux et très micacés, s'intercalent parfois dans la série.

Comme on le voit, notre connaissance de l'assise des schistes siluriens est fort réduite. Non seulement, les affleurements y sont d'une extrême rareté, mais de plus, les travaux miniers n'effleurent jamais ces niveaux situés stratigraphiquement trop loin de l'assise ferrifère. Enfin, leur extension géographique est assez limitée, et comme ils correspondent toujours à des zones morphologiquement déprimées, leurs surfaces d'affleurement sont généralement recouvertes d'un manteau alluvial.

7. — *CONCLUSIONS*

Seuls deux étages peuvent être paléontologiquement parfaitement définis : il s'agit d'une part de l'ensemble schistes à Calymènes - Petit May - Schistes intermédiaires, d'autre part des schistes siluriens.

Schistes à Calymènes.

Rappelons la classification des assises ordoviciennes, établie d'après les faunes de Graptolites : (Pays de Galles).

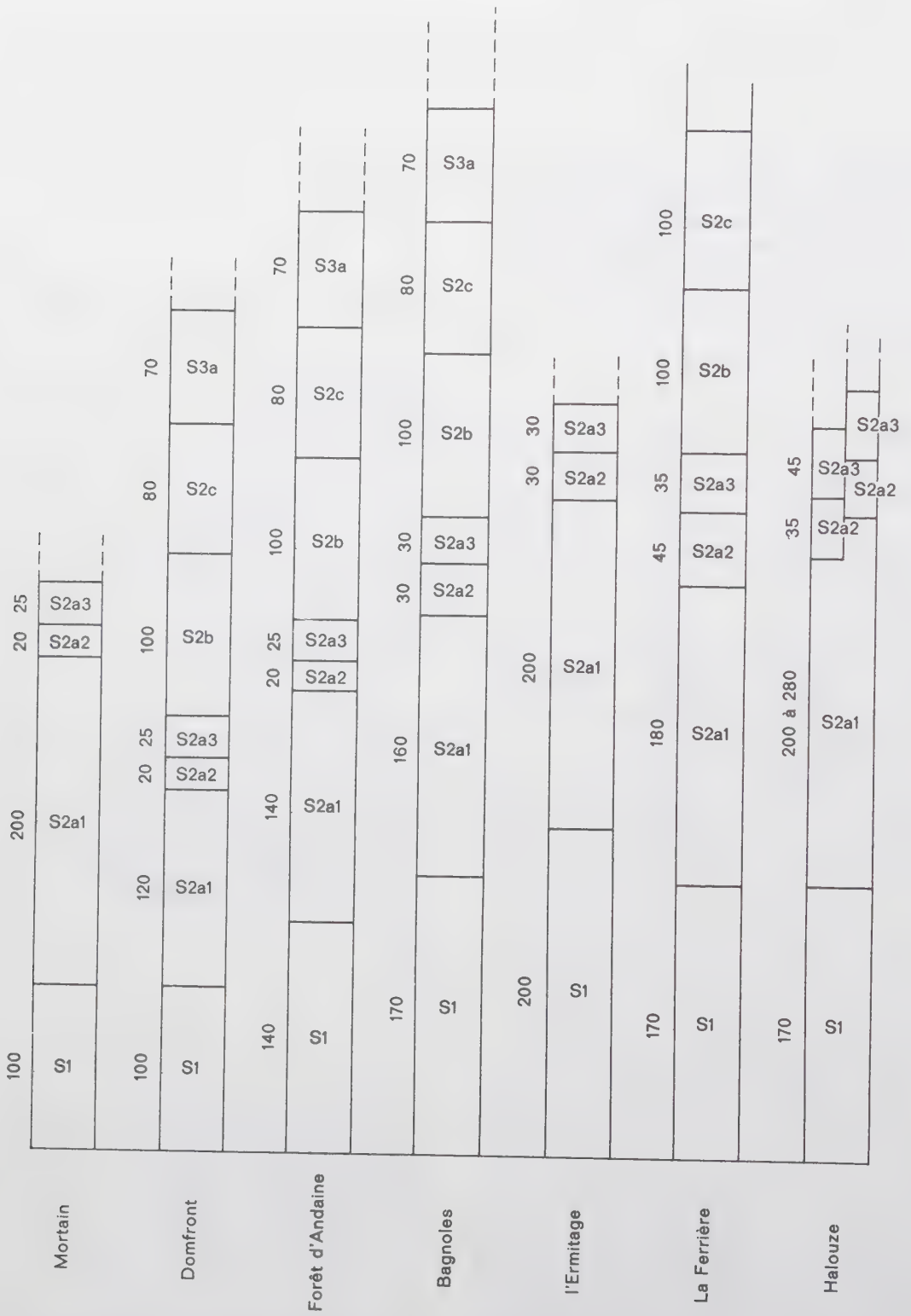


FIG. 13. — Variations latérales de la puissance de la série primaire.

Zone	Espèce caractéristique	Age
1	*Dictyonema sociale*	Trémadocien
2	*Bryograptus*	
3	*Dichograptus*	
4	*Didymograptus extensus*	Skiddavien
5	*Didymograptus hirudo*	
6	*Didymograptus bifidus*	Llanvirnien
7	*Didymograptus murchisoni*	
8	*Glyptograptus tertiusculus*	Llandeilien
9	*Nemagraptus gracilis*	
10	*Climacograptus peltifer*	
11	*Mesograptus multidens*	
12	*Climacograptus wilsoni*	Caradocien
13	*Dicranograptus clingani*	
14	*Pleurograptus linearis*	
15	*Dicellograptus complanatus*	Ashgillien
16	*Dicellograptus anceps*	

Il ressort de cette classification que la base des schistes à Calymènes, caractérisée par *Didymograptus murchisoni,* doit être rapportée au Llanvirnien. PHILIPPOT (1950) y cite la présence de *D. bifidus.*

La faune de Tribolites des schistes à Calymènes, d'autre part, essentiellement caractérisée par *Neseuretus tristani* associé à *Calymene aragoï,* est caractéristique de Llandeilien.

Enfin, la persistance de *Neseuretus tristani,* dans les schistes intermédiaires, et l'abondance des Trilobites de la sous-famille des Zeliszkellinae, permet d'attribuer un âge encore llandeilien à cette assise schisteuse.

Schistes siluriens.

La faune caractéristique de Graptolites, *Monograptus dubius, Monograptus armoricanus* et *Monograptus priodon,* donne à la série schisteuse un âge wenlockien certain (PHILIPPOT, 1950).

Il existe donc en dehors de deux séries paléontologiquement bien datées, le Wenlockien et le Llandeilien, un premier ensemble (grès armoricain) dont l'âge est préllandeilien, et un deuxième ensemble (grès de May - schistes supérieurs - grès culminant).

Age du grès armoricain.

La faune du grès armoricain est ordovicienne. D'autre part l'assise est couronnée par les schistes à *Didymograptus murchisoni,* et il n'est pas téméraire, dans ces conditions, d'affirmer que le grès armoricain représente le Skiddavien.

Par contre, les quartzites poudingiques qui forment, à l'extrémité orientale du synclinal de Domfront, la base de la série du grès armoricain, ont été attribués au Cambrien par BIGOT (1908) ou plus récemment au Trémadocien par GRAINDOR (1965). Ce dernier reconnaît l'impossibilité de séparer sur le terrain le grès armoricain des grès sous-jacents ». Dans ces conditions, il semble préférable de réunir sous une même notation (S 1) l'ensemble (Skiddavien) des grès de base et du grès armoricain.

Problème de la série de Grand May Schistes supérieurs-Grès culminant.

L'absence de fossiles caractéristiques, dans l'ensemble des trois niveaux, à l'intérieur de la zone étudiée, rend la datation exacte de ces assises très délicate.

Ce n'est que plus à l'Est, dans le massif d'Ecouves, que le problème reçoit un début de solution. On trouve en effet :

— à La Ferrière-Béchet, dans les schistes supérieurs, *Trinucleus ornatus* (BIGOT, 1924), caractéristique de l'Ordovicien supérieur;

— à Montmerrei, sous les schistes supérieurs, dans les grès représentant l'extension orientale du Grand May, une faune du Caradocien inférieur (GRAINDOR, 1965).

On peut dès lors attribuer un âge caradocien inférieur aux grès du Grand May.

Enfin, DORE, PONCET et RIOULT (1964), ont montré l'âge caradocien supérieur des pélites gréseuses à fragments polyédriques terminant l'assise des schistes supérieurs.

Dans ces conditions, le grès culminant sus-jacent, qui se place entre le Caradocien supérieur et le Wenlockien, représente vraisemblablement le Valentien (S 3a) bien qu'aucun argument paléontologique ne vienne étayer cette affirmation, l'étage étant rigoureusement azoïque.

Le tableau I résume la correspondance entre les niveaux lithologiques et les grandes subdivisions stratigraphiques. Ces niveaux lithologiques, enfin, se rencontrent à l'intérieur des deux synclinaux avec des puissances sensiblement constantes. Le tableau de la figure 13 illustre les faibles variations de l'épaisseur des séries.

TABLEAU I

Subdivisions lithologiques	Faune caractéristique	Age	Symbole
Schistes siluriens	*Monograptus dubius* *Monograptus armoricanus* *Monograptus priodon*	Wenlockien	$S_3 b$
Grès culminant		Valentien	$S_3 a$
Schistes supérieurs	*Marrolithus ornatus*	Caradocien[1] moyen et supérieur	$S_2 c$
Grand May		Caradocien[1] Inférieur	$S_2 b$
Schistes intermédiaires	*Neseuretus tristani* *Marrolithus bureaui*	Llandeilien	$S_2 a_3$
Petit May			$S_2 a_2$
Schistes à Calymènes	*Neseuretus tristani* *Didymograptus murchisoni*	(Llanvirnien)	$S_2 a_1$
Grès armoricain		Skiddavien	S_1

(1) Caradocien *sensu lato*.

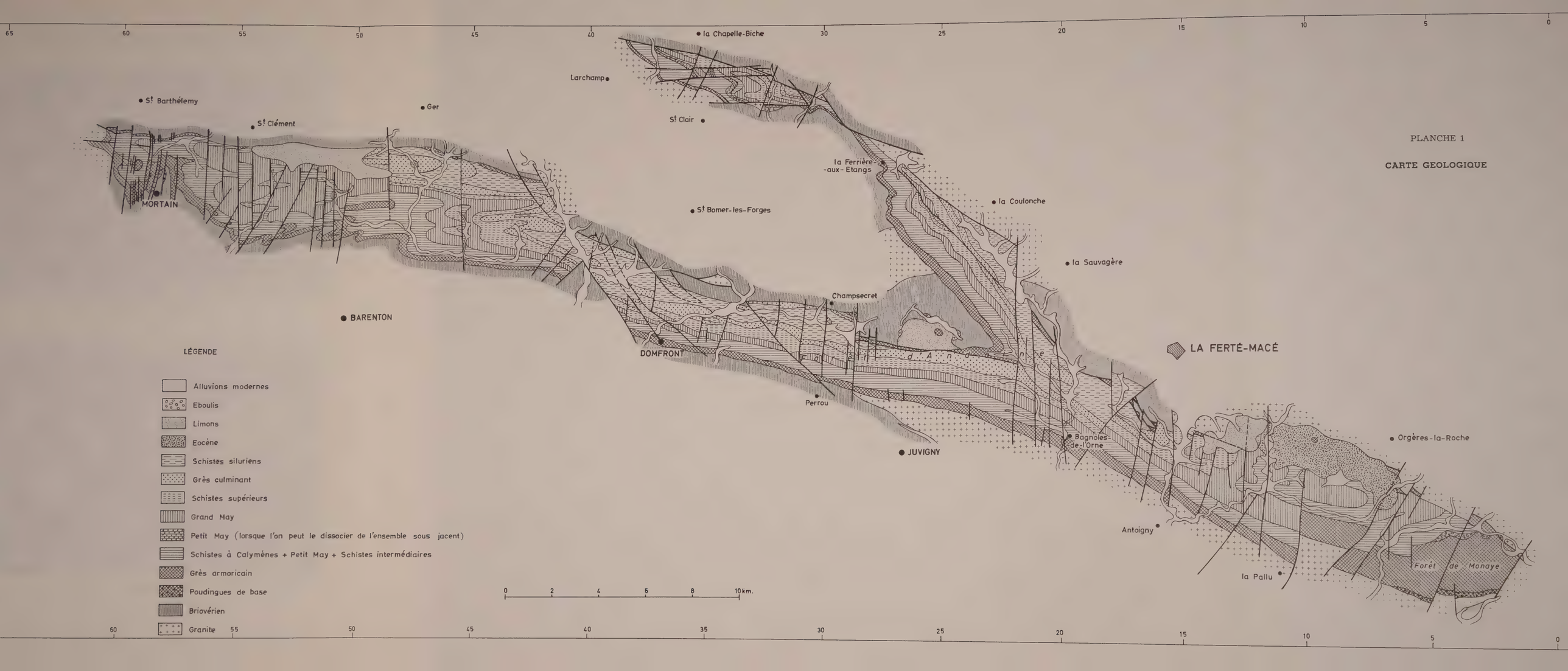
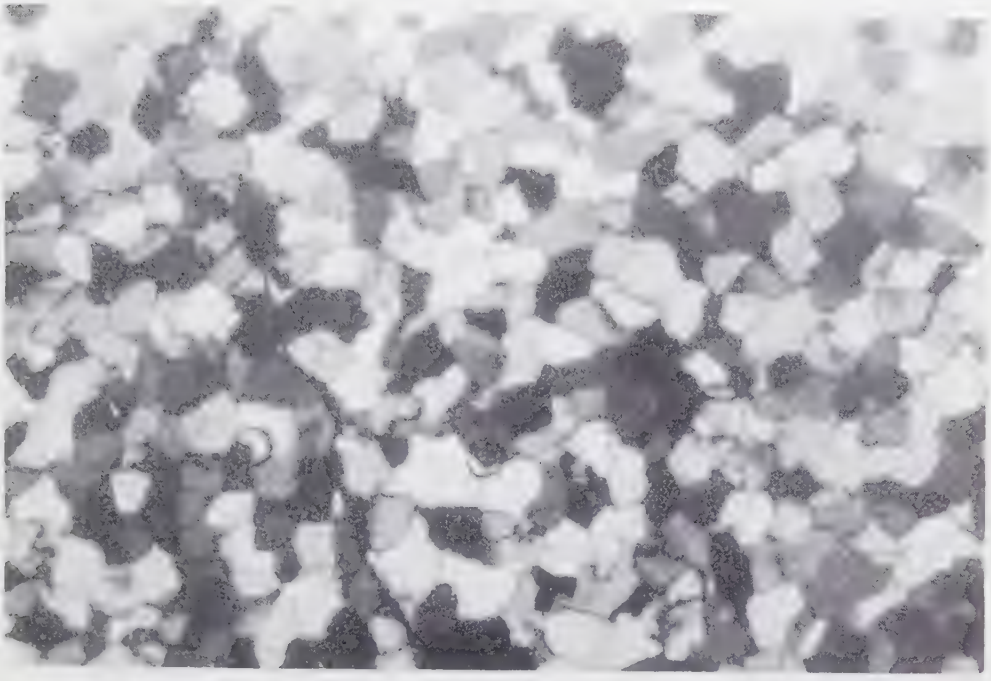
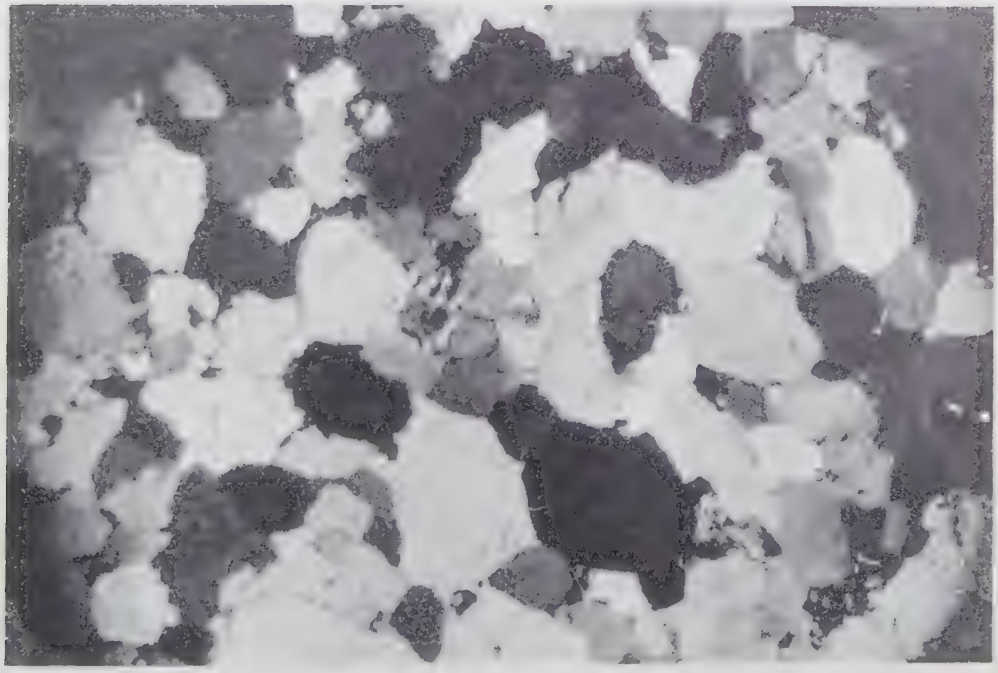


PLANCHE 1
CARTE GEOLOGIQUE
la Chapelle-Biche
Larchamp
St Barthélemy
Ger
St Clément
St Clair
la Ferrière-aux-Etangs
la Coulonche
MORTAIN
St Bomer-les-Forges
la Sauvagère
Champsecret
BARENTON
DOMFRONT
Faille d'Andaine
LA FERTÉ-MACÉ
Perrou
Bagnoles de l'Orne
Orgères-la-Roche
JUVIGNY
Antoigny
la Pallu
Forêt de Monaye
LÉGENDE
Alluvions modernes
Eboulis
Limons
Eocène
Schistes siluriens
Grès culminant
Schistes supérieurs
Grand May
Petit May (lorsque l'on peut le dissocier de l'ensemble sous jacent)
Schistes à Calymènes + Petit May + Schistes intermédiaires
Grès armoricain
Poudingues de base
Briovérien
Granite
0 2 4 6 8 10km.

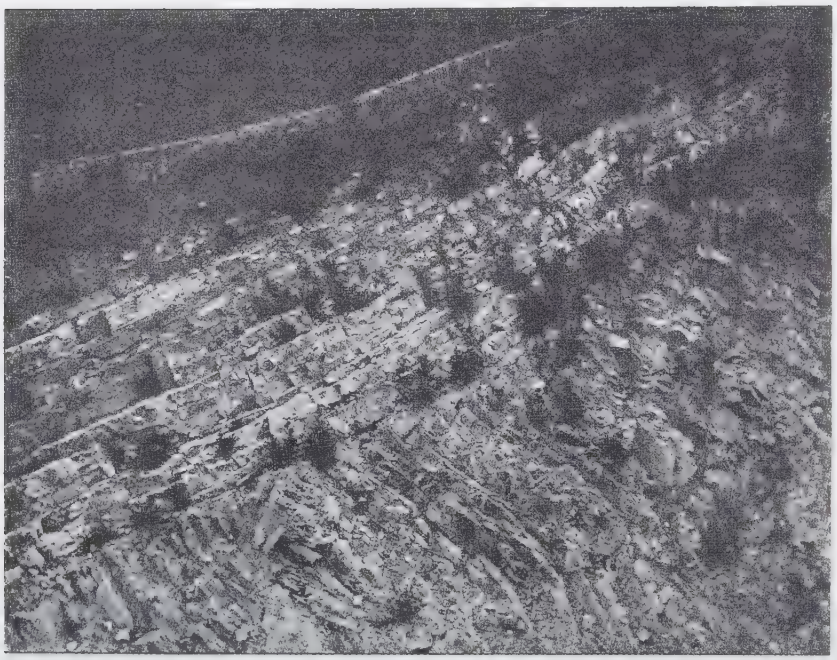


a) Quartzites blancs à grain fin



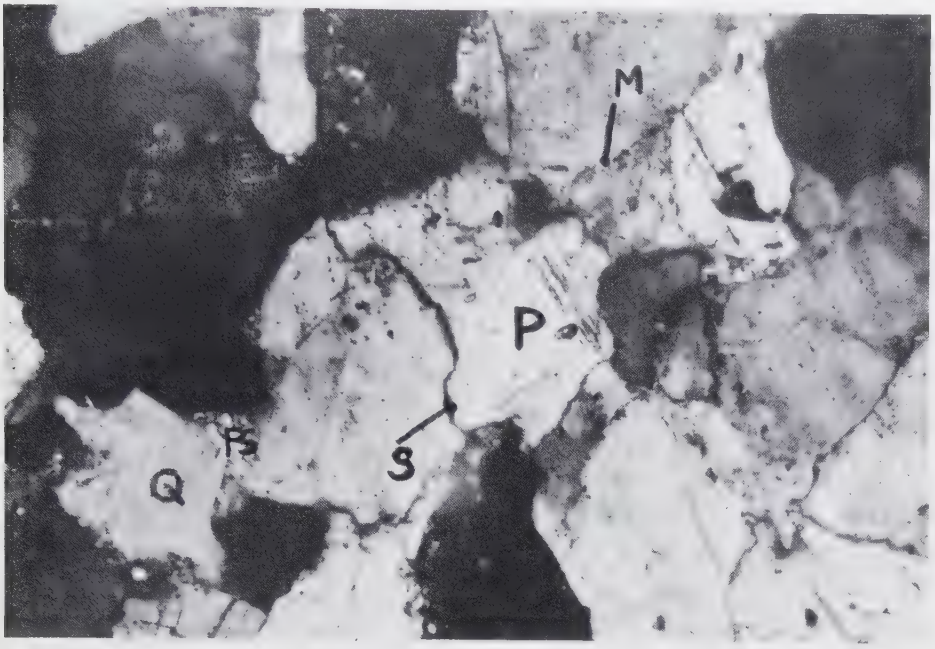
b) Quartzites noirs.

FIG. 6. — Grès armoricain de Domfront.

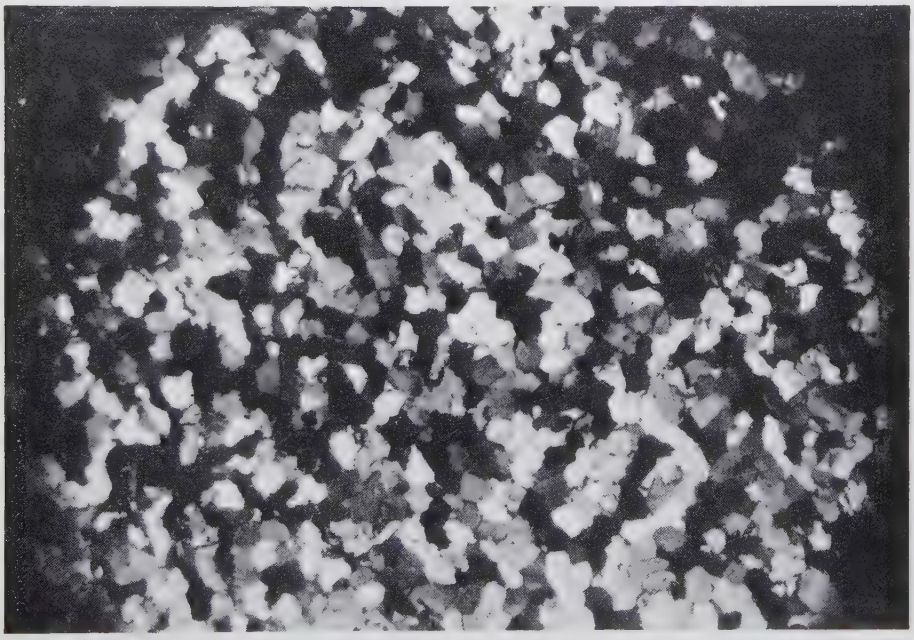


Cliché du Laboratoire de Géologie de la Sorbonne.

Fig. 7. — Discordance du grès armoricain (Ordovicien) sur les phyllades de Saint-Lô (Algonkien), Mortain (Manche).

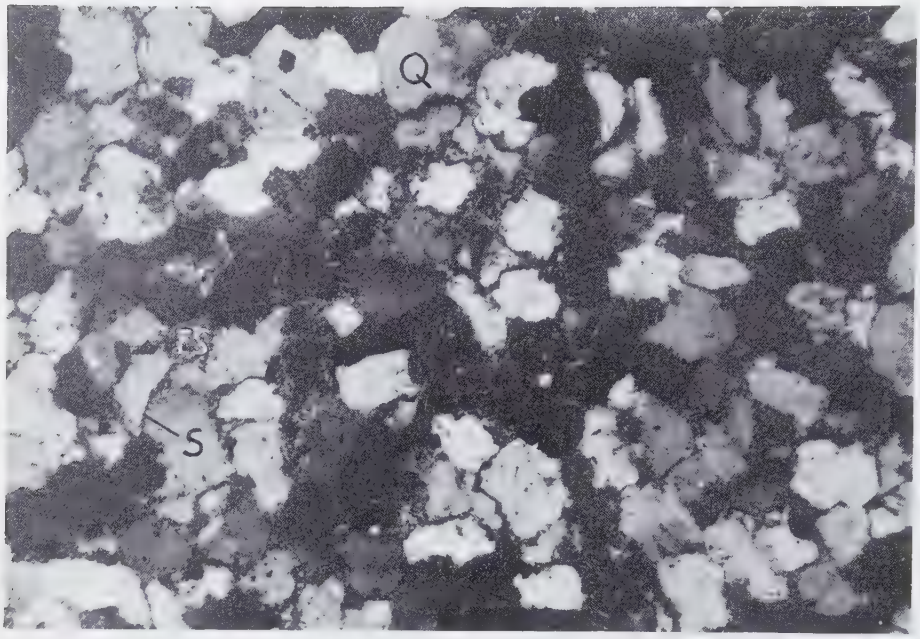


a) Quartzites blancs de la base

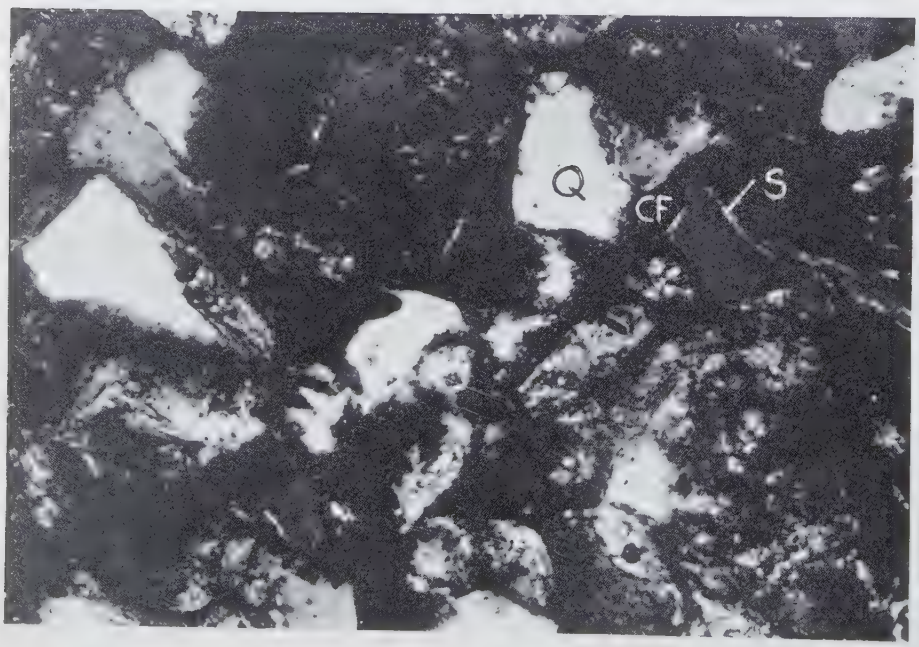


b) Quartzites gris-noirâtres.

FIG. 9. — Grand May de Domfront.

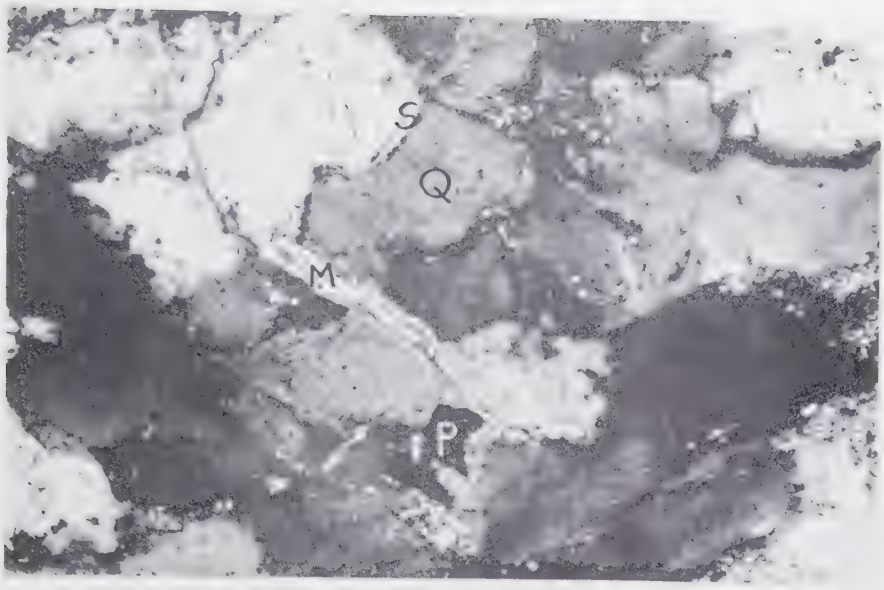


a) Quartzites psammitiques



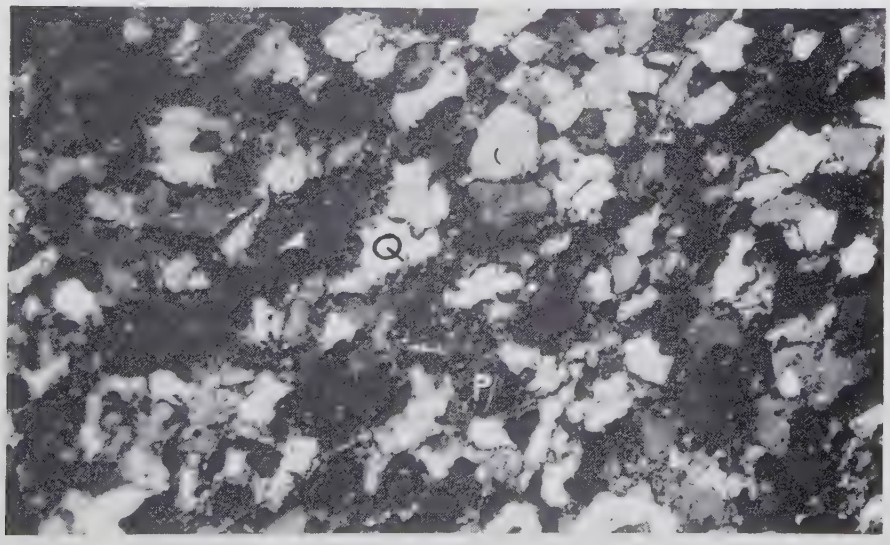
b) Schistes noirs.

FIG. 10. — Grand May de Domfront.



a) Quartzites vert-olive, (Grand May)

b) Grès culminant



c) Grès culminant.

FIG. 11. — Grand May de Domfront.

Chapitre II

STRUCTURE DES SYNCLINAUX DE DOMFRONT ET DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS

PREMIÈRE PARTIE :

DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS DE LA STRUCTURE.

Avant d'aborder le vif du sujet, il nous a paru indispensable de préciser certains points.

I. — Ce paragraphe constitue en quelque sorte une notice tectonique détaillée de la carte géologique, notice présentée essentiellement sous forme d'un texte et de coupes.

Texte.

Il était nécessaire de choisir un ordre géographique pour exposer les traits de la structure. Plutôt que de commencer la description à l'une des extrémités de l'ensemble primaire, nous avons préféré décrire les traits tectoniques de base dans une région aussi représentative que possible des différents éléments structuraux et où le moins d'incertitude subsiste quant à la nature exacte de ces éléments. Nous avons choisi la coupe naturelle que nous offre la vallée de l'Egrenne à travers le synclinal de Domfront.

A partir de cette coupe, nous progresserons vers l'Ouest jusqu'à Mortain, puis vers l'Est jusqu'à la forêt de Monaye. Au passage, nous définirons la nature du raccord entre les synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs. Ce dernier sera étudié, en un ultime paragraphe, en progressant vers son extrémité occidentale (Larchamp) à partir de la zone de raccord.

Coupes.

Il n'existe aucun document cartographique (en dehors des plans détaillés des concessions minières), à grande échelle pour toute la zone étudiée. Les levés géologiques ont été effectués sur les photographies aériennes de l'I.G.N., agrandies à l'échelle du 1/10 000. Devant l'imprécision certaine qui résulte du report sur la carte au 1/50 000 des observations effectuées sur les photographies aériennes, nous avons préféré établir les coupes directement d'après le document photographique malgré l'inexactitude qui résulte de ce procédé (distorsion aux limites des photographies).

II. — La définition géographique d'un point est toujours une affaire délicate. La seule méthode valable est le repérage par rapport à deux axes de coordonnées du point : le premier chiffre représente le numéro de la feuille de la carte géologique au 1/50 000 (planche I) à laquelle se reporter; les deux nombres suivants (de trois chiffres) représentent l'abscisse et l'ordonnée du point comptées positivement d'Est en Ouest et du Sud au Nord à partir d'un point origine situé au Sud-Est de la Forêt de Monaye. Ces coordonnées sont hectométriques.

III. — Toutes les mesures effectuées à la boussole l'ont été en grades :

— les pendages sont définis en grades;

— la direction des couches est donnée en grades par l'angle que forme cette direction avec le Nord vrai. Cet angle est compté positivement dans le sens des aiguilles d'une montre (par exemple N 100 pour une direction Est-Ouest, ou encore N 200 pour une direction méridienne).

1. — *LE SYNCLINAL DE DOMFRONT A L'OUEST DE L'EGRENNE*

1.1. *ENTRE L'EGRENNE ET LA CONCESSION DE BOURBEROUGE.*

1.1.1. Coupe de la route de Rouellé à Lonlay-l'Abbaye

La vallée de l'Egrenne correspond, entre La Haute-Chapelle et Lonlay-l'Abbaye, au passage d'une importante faille de décrochement. Les assises du compartiment est de cette faille se trouvent rejetées de plus de deux kilomètres vers le Sud-Est.

L'Egrenne a profité de cette cassure pour creuser une profonde vallée et cette zone d'approfondissement transversal accuse la morphologie des assises primaires, surtout à l'Ouest de la faille, permettant ainsi de bien définir la structure.

Lorsque l'on quitte la route nationale 807, de Domfront à Mortain, vers Lonlay-l'Abbaye, on voit se dessiner au-dessus de la ferme de la Bastille (2, 414, 140) un imposant relief longitudinal déter-

miné par le grès armoricain. Ce grès est affecté d'un pendage de 30 gr vers le Nord-Est, sa direction est environ N 140.

Une première dépression, au Sud de l'Ingulière (2, 412, 144) traduit la présence des schistes à Calymènes, reconnus par un sondage de recherche de minerai de fer.

La ferme de l'Ingulière est assise sur les grès de May (1) non loin du contact avec les schistes à Calymènes.

Les schistes supérieurs ne définissent pas de zone déprimée très caractéristique. On peut seulement supposer leur présence grâce à une étendue de prairies humides entre les grès de May de l'Ingulière et le grès culminant de la Prévotière (2, 413, 151) : celui-ci est d'ailleurs recoupé deux fois par la route grâce à une petite faille de direction SW-NE, faille dont on retrouve la trace plus au Sud par le décalage qu'elle provoque sur la barre du grès armoricain à l'Ouest de la Bastille.

Ce grès culminant se présente sous son faciès habituel de quartzites feldspathiques, et deux carrières pour matériaux de construction entaillent ses horizons sommitaux. Les pendages y sont de 30 à 40 gr, la direction des couches N 140.

La dépression immédiatement au Nord correspond aux schistes siluriens, reconnus par un puits au Nord de la Prévotière.

C'est à la hauteur de la ferme de Sur-le-Mont (2, 417, 159) que l'on note à nouveau la présence du grès culminant. Celui-ci est affecté d'un pendage sud de 75 gr et permet de supposer la présence d'un premier synclinal au cœur duquel se trouvent les schistes siluriens précédemment décrits (Synclinal de la Prévotière).

Dans cette deuxième série de grès culminant s'intercale d'après la carte géologique au 1/80 000 (feuille Avranches) un mince filon de kersantite interstratifié. Sa puissance est de quelques mètres, son extension longitudinale de quelques centaines de mètres. Nous n'avons pas retrouvé l'affleurement de cette roche.

Au Nord de la colline de Sur-le-Mont s'étend, jusqu'à Lonlay-l'Abbaye, une nouvelle dépression où affleurent, près de la ferme du Val (2, 420, 166), les schistes siluriens. Le contact de ces schistes et des niveaux supérieurs du grès culminant peut être situé dans la montée de la route de Lonlay-l'Abbaye à la Couverie (1, 430, 149). Le pendage des couches de contact est de 40 à 50 gr vers le Nord, la direction des couches N 110 à N 120.

La dépression du Val se ferme au Nord par le puissant relief du Tertre (2, 418, 171) dominant le village de Lonlay-l'Abbaye. Ce relief est déterminé par le grès culminant dont le pendage est subvertical au flanc sud et de 20 gr environ vers le Nord, au flanc nord, où une carrière entaille le sommet du grès.

A la suite du synclinal de la Prévotière existe donc un premier anticlinal dissymétrique (anticlinal de Sur-le-Mont), puis un deuxième synclinal (synclinal du Val) auquel fait suite un second anticlinal (anticlinal de Lonlay-l'Abbaye) également dissymétrique.

La colline qui domine au Nord la route de Lonlay-l'Abbaye à Ger nous permet d'observer de nouveau le grès armoricain. Celui-ci, à pendage très variable mais toujours Nord (45 à 70 gr) supporte près de la ferme du Nézement (1, 442, 186) des schistes à Calymènes reconnus par un puits. Ils semblent donc être en position normale et être séparés du Silurien par une puissante faille longitudinale affaissant son compartiment sud. Le granite, enfin, est en contact avec le grès armoricain et les schistes à Calymènes du Nézement, le long d'une seconde faille longitudinale jouant dans le même sens que la précédente.

La figure 14 résume ces observations.

1.1.2. Extension vers l'Ouest des éléments structuraux mis en évidence

Les trois coupes suivantes, effectuées selon des méridiens espacés de 2 en 2 km environ, permettent de suivre l'évolution de la structure entre la vallée de l'Egrenne et la route de Barenton à Ger.

Coupe n° 1 de la Fosse Arthour (1, 447, 145) à la ferme des Faux (1, 450, 188).

Cette coupe nous permet d'apprécier le plongement axial des assises vers l'Est, plongement entraînant l'apparition, le long des axes de plissement, de couches de plus en plus anciennes au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'Ouest.

Le lieu-dit la Fosse Arthour est une gorge étroite qu'emprunte la rivière la Sonce pour quitter la dépression longitudinale des schistes à Calymènes avant de se perdre dans la dépression précambrienne de Barenton. On y observe avec netteté le grès armoricain plongeant de 35 gr vers le N.NE.

(1) Par grès de May, nous entendrons tout au long de ce chapitre les seuls grès du Grand May, et par Schistes à Calymènes, l'ensemble compris entre le grès armoricain et le Grand May; cette distinction correspond à l'impossibilité, sur le terrain, de séparer le Petit May des schistes qui l'entourent.

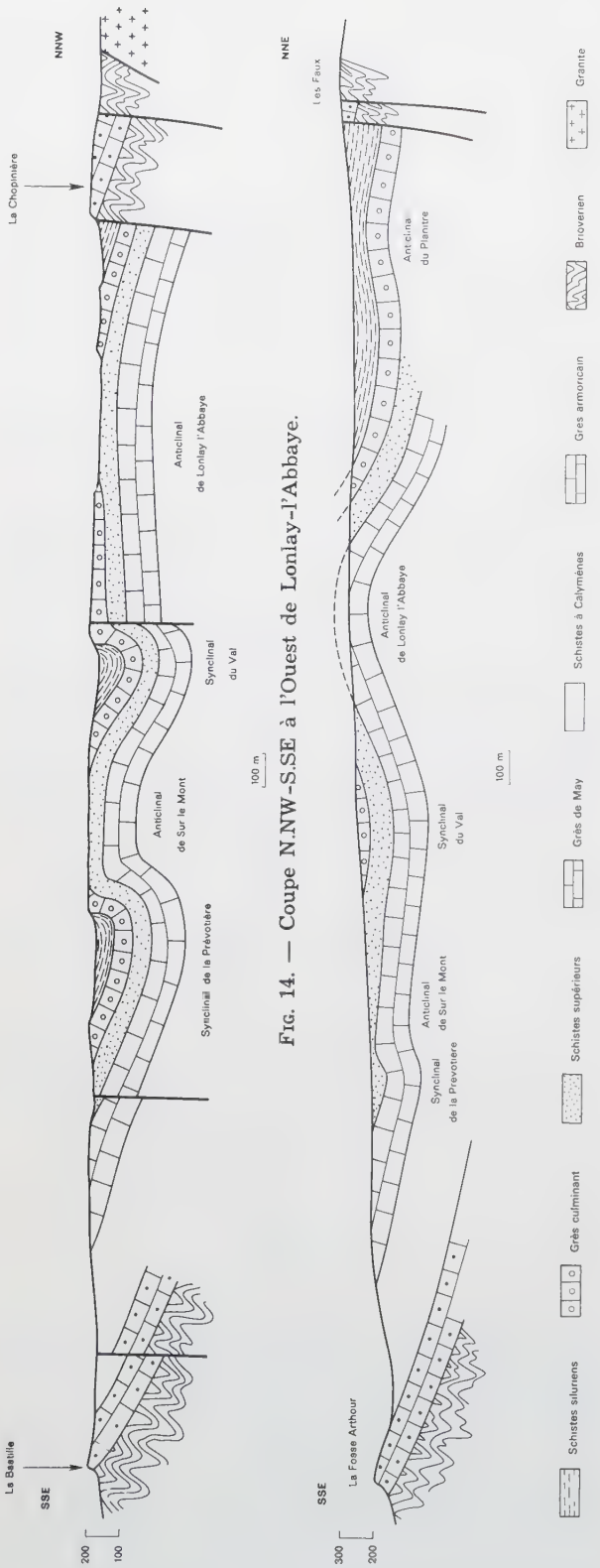


Fig. 14. — Coupe N.NW-S.SE à l'Ouest de Lonlay-l'Abbaye.

Fig. 15. — Coupe n° 1 de la Fosse Arthour aux Faux.

Les schistes à Calymènes déterminent au-delà une vallée d'autant plus marquée que l'on se trouve au point le plus bas du réseau hydrographique drainant l'ensemble primaire. Cette vallée est barrée vers le Nord par les grès de May, culminant à plus de 220 m près de la ferme des Beaux Rochers (1, 442, 152).

Toute la dépression s'étendant au Nord de la ferme, jusqu'à la Volerie (1, 442, 163) correspond aux schistes supérieurs, dont la très grande largeur d'affleurement s'explique par la présence, au sein de ces schistes, de l'axe de l'anticlinal de Sur-le-Mont et de l'axe du synclinal de la Prévotière.

C'est à la Volerie que l'on découvre le grès culminant déterminant une petite colline arrondie vers l'Ouest; cet arrondi correspond à une terminaison périclinale, au niveau de la base du grès culminant. On retrouve d'ailleurs un peu plus à l'Ouest, dans le prolongement de cet axe synclinal, de bons affleurements de schistes supérieurs, affectés d'un faible pendage est.

Entre la colline de la Volerie et celle de la Tablère (1, 450, 171) où affleurent les grès de May, on note une petite dépression peu marquée, correspondant aux schistes supérieurs.

Cette colline de la Tablère est d'ailleurs l'extension occidentale des hauteurs dominant Lonlay-l'Abbaye; elle est bordée de part et d'autre par les schistes supérieurs, puis le grès culminant au Nord; elle marque le cœur de l'anticlinal de Lonlay-l'Abbaye.

La vallée longitudinale qui fait suite à ce relief est déterminée par les schistes siluriens; au fond de cette vallée apparaît près de Chancerot (1, 452, 183) et légèrement à l'Ouest de notre coupe, un petit noyau anticlinal de grès culminant. Un troisième anticlinal se dessine donc dorénavant au sein de l'ensemble paléozoïque et le relèvement des axes de plissement vers l'Ouest nous permettra d'en définir les caractères géométriques avec plus de précision à l'Ouest près du village du Planitre (1, 470, 188).

Entre les schistes siluriens et le Briovérien affleure le grès armoricain du lambeau de Nézement, lambeau que nous avons admis être en position normale entre deux failles longitudinales d'effondrement.

La coupe n° 1 est schématisée par la figure 15.

Coupes n° 2-Est et 2-Ouest, par la ferme de la Prise-Guimont (1, 457, 162 : fig. 16 a et 16 b).

La vallée orientée sensiblement Nord-Sud, qui s'ouvre en contre-bas de la ferme de la Prise-Guimont, marque le passage d'une importante faille transversale. Le ruisseau qui l'emprunte se jette, au

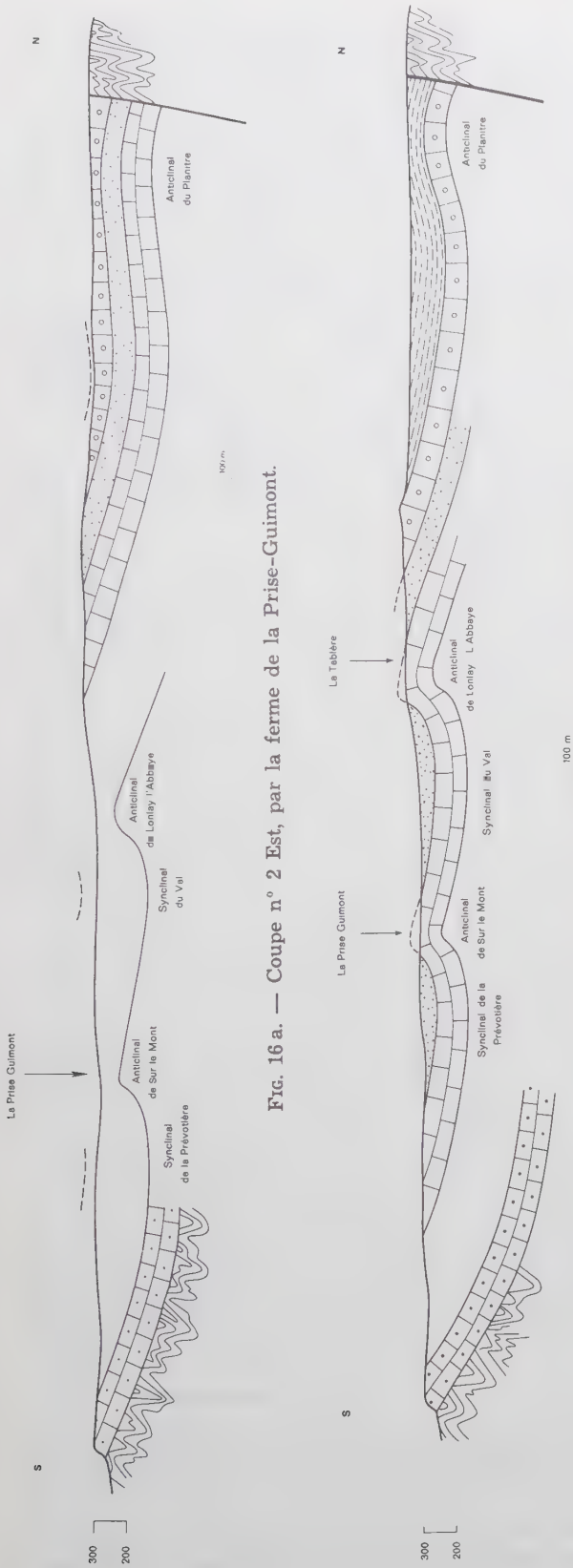


FIG. 16 a. — Coupe n° 2 Est, par la ferme de la Prise-Guimont.

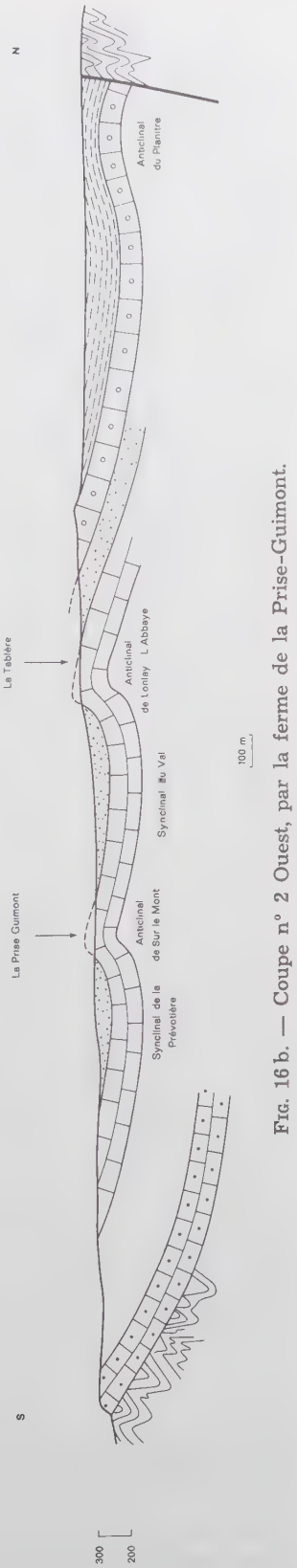


FIG. 16 b. — Coupe n° 2 Ouest, par la ferme de la Prise-Guimont.

Gué Saffray (1, 455, 148) dans la Sonce. Il est toutefois permis de penser que le col qui affecte la barre du grès armoricain, dans le prolongement de la vallée nord-sud, indique l'ancien cours du ruisseau de la Prise-Guimont, réalisant ainsi un très bel exemple de vallée inversée.

La faille nord-sud correspondante s'observe très bien, près du Gué Saffray, grâce au décalage qu'elle entraîne sur la barre du grès armoricain.

Les coupes n°2-Est et 2-Ouest effectuées de part et d'autre de la faille de la Prise-Guimont, transversalement aux assises primaires, vont nous permettre d'évaluer le rejet de cette faille, rejet supposé purement vertical; il semble en effet qu'il s'agisse d'une faille d'un type très fréquent, dont le rejet tend à compenser le plongement axial des assises. En se plaçant sur un plan horizontal donné, et le long d'un même axe de plissement, on observera des assises plus récentes au compartiment ouest de la faille.

De préférence à toute description, les deux coupes (fig. 16 a et 16 b) nous montrent la constance de la structure décrite le long de la vallée de l'Egrenne.

Coupe n° 3 par le Moulin du Gué Thibaud (1, 475, 174 : fig. 17 a**).**

C'est un peu à l'Est de la route de Barenton à Ger que l'on observe la terminaison périclinale du synclinal de la Prévotière au niveau du grès armoricain. La Sonce, qui depuis la Fosse Arthour suit la dépression des schistes à Calymènes, orientée Est-Ouest, prend à l'Ouest du Moulin du Bois (1, 473, 150) la direction NW-SE puis N-S, correspondant à l'incurvation de la barre du grès armoricain qui forme le flanc sud de cette vallée.

Au niveau de la base des grès de May, cette terminaison périclinale s'observe avec une grande netteté. Les hauteurs de la Sablonnière (1, 471, 155) et du Chêne Parfait (1, 463, 153) dessinent une courbe tournant sa convexité vers l'Ouest, et la rupture de pente correspondante marque le contact entre les schistes à Calymènes et les grès de May.

Entre le pont de la Prise Passais (1, 480, 161) et le Moulin du Gué Thibaud affleurent les schistes à Calymènes. Ils occupent toute la large dépression de part et d'autre de la route Barenton-Ger, car le relèvement des axes des plis a fait disparaître les grès de May du synclinal du Val. On en observe la terminaison périclinale au Nord-Ouest de la Prise-Guimont (vers le point 1, 472, 165) avec beaucoup d'exactitude. Comme précédemment, l'érosion différentielle a profondément entaillé les seuls schistes à Calymènes, laissant en relief une colline de grès de May tournant sa convexité vers l'Ouest.

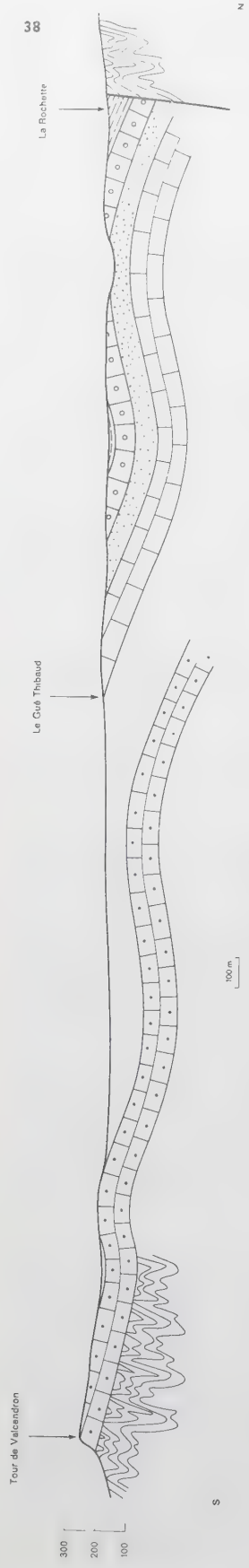


FIG. 17 a. — Coupe n°3, par le Moulin du Gué Thibaud.

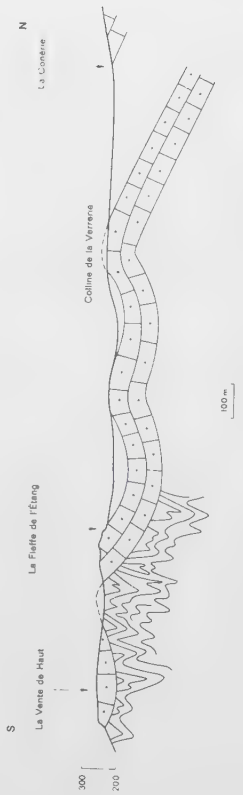


FIG. 17 b. — Coupe N-S entre la Conerie et le Vent de Haut.

Les grès de May qui constituent le flanc nord de l'anticlinal de Lonlay-l'Abbaye affleurent de part et d'autre de la vallée, ici méridienne, de la Sonce. On note au-delà vers le Nord, une petite vallée longitudinale où affleurent les schistes supérieurs, puis le grès culminant, à la Croix de Terre (1, 470, 180), que surmontent, au Sud du Planitre (1, 470, 188), les schistes siluriens.

La colline du Planitre constitue un noyau anticlinal de grès culminant au sein des schistes siluriens. Au flanc sud de cette colline, on observe de faibles pendages vers le Sud (25 à 40 gr) et les schistes siluriens affleurent de nouveau au Nord de la colline, dans la dépression du Moulin des Fanières (1, 487, 195). Cet anticlinal admet, à quelques centaines de mètres à l'Est du Planitre, une terminaison périclinale au niveau de contact grès culminant-schistes siluriens, et l'on peut y noter de très faibles pendages (10 gr) vers l'Est.

Le ruisseau qui descend du Moulin des Fanières et qui traverse en cluse la colline du Planitre, entaille à l'aplomb de l'axe anticlinal, les schistes supérieurs, montrant une fois de plus le plongement axial oriental des assises.

A la limite septentrionale du Primaire, au contact du Briovérien, on retrouve par endroits (la Buissonnière : 1, 460, 191, la Valette : 1, 470, 194) des lambeaux de grès armoricain, pris entre failles. Enfin, au Moulin des Fanières, on peut observer, dans la tranchée de la côte de Ger, les schistes siluriens en contact avec le Briovérien. Dans la zone de contact, extrêmement broyée, se montrent des blocs de grès de May et des morceaux de schistes noirs, emballés dans une grange argileuse.

En résumé, depuis la vallée de l'Egrenne, on peut constater la parfaite régularité de la structure essentiellement caractérisée par :

— des plis successifs, dissymétriques, limités au Nord par plusieurs failles d'effondrement entre lesquelles sont souvent pincés de petits lambeaux de grès armoricain.

— Le plongement axial des axes de plissement dont l'effet est partiellement compensé par une importante faille transversale.

Ces traits structuraux vont continuer à caractériser, plus à l'Ouest, la zone de la concession de Bourberouge, où les travaux miniers contribuent dans une large mesure à la compréhension des structures.

1.1.3. Concession de Bourberouge

1.1.3.1. Entre les routes Barenton-Ger et Barenton-Le Fresne Poret.

A l'Ouest de la route de Ger, les hauteurs de la Vente de Haut (1, 500, 157), où affleure le grès armo-

ricain (pendage 35 gr N) dominent la dépression drainée par le ruisseau du Neuf-Etang, affluent de la Sonce. Cette dépression est fermée vers le Nord par une colline longitudinale dont l'ossature est formée par du grès armoricain. Au flanc sud de cette colline, près de la Verrerie (1, 487, 170) d'anciens travaux miniers nous permettent d'observer la couche de minerai de fer de la base des schistes à Calymènes, affectée d'un pendage sud de 30 à 40 gr : la dépression du ruisseau du Neuf-Etang constitue une cuvette synclinale.

Or, au Nord de la colline de la Verrerie (grès armoricain) on retrouve les schistes à Calymènes et les derniers bancs de grès ont sur le versant nord de la colline, un faible pendage nord (18 à 20 gr). La colline de la Verrerie constitue un noyau anticlinal.

La terminaison périclinale, au niveau du sommet du grès armoricain de ce noyau, se dessine parfaitement dans le relief, au Nord-Est de la ferme de la Verrerie.

Au-delà, vers le Nord, à la Conerie (1, 502, 174) et au Gué Rochoux (1, 496, 176) se rencontrent les premiers affleurements des grès de May. La dépression qui correspondait aux schistes supérieurs se ferme vers l'Ouest à la Prise Boulay (1, 487, 180); il est probable qu'une faille transversale décale largement les assises supérieures aux schistes à Calymènes et qu'elle s'amortit progressivement dans ceux-ci vers le Sud. Cette faille passerait à l'Ouest du Moulin des Fanières et aurait un rôle analogue à celui de la faille de la Prise-Guimont (abaissement du compartiment ouest).

Le synclinal du ruisseau du Neuf-Etang, qui représente l'extension du synclinal du Val, trouve près de la route de Barenton au Fresne Poret, sa fermeture périclinale au niveau du sommet du grès armoricain. La morphologie accusée de celui-ci démontre que la fermeture n'est aussi simple qu'on pouvait l'imaginer : des replis anticlinaux secondaires apparaissent, caractérisés par des éperons gréseux tournant leur convexité vers l'Est. Le premier s'observe au Nord de la Vente de Haut, le second à l'Est du Moulin du Neuf Etang (1, 506, 164). Leur forme très arrondie laisse supposer qu'il s'agit de faibles bombements (fig. 17 b). C'est à l'Ouest de la route du Fresne Poret qu'une importante faille transversale vient interrompre la continuité des assises. Elle abaisse fortement, comme les précédentes, son compartiment occidental et les cœurs des anticlinaux, au lieu d'être caractérisés comme précédemment par des éperons de grès armoricain, vont l'être par des dépressions correspondant aux schistes à Calymènes. La précision du levé géologique s'en trouve très amoindrie à cause de la disparition des affleurements.

En fait, et cela jusqu'à Mortain, seule la limite méridionale de l'ensemble primaire va nous être bien connue, grâce aux travaux miniers. Au-delà, vers le Nord, ce sont les seules observations indirectes qui vont pouvoir nous éclairer quelque peu.

Enfin, une seconde complication réside dans le fait qu'un épais manteau de limons recouvre tout le plateau au Nord-Est de Rancoudray et s'oppose sur une surface de plusieurs kilomètres carrés à la présence de tout affleurement.

1.1.3.2. Entre les routes Barenton-Le Fresne Poret et Barenton-Rancoudray (fig. 18).

Immédiatement au Nord de la ferme de la Fontaine Bouillante (1, 517, 152), la route de Rancoudray contourne par l'Ouest une croupe de grès armoricain tournant vers l'Ouest sa convexité; cette croupe correspond à la terminaison périclinale, au niveau de la base du grès armoricain, d'un premier synclinal.

Ce synclinal n'est pas en réalité aussi simple que la morphologie ne le laisse apparaître. R. Anthoine (1914) note, un peu à l'Est de la route au Rocher de la Demoiselle (1, 508, 160) la présence de 4 lignes d'affleurement, parallèles entr'elles de la couche minéralisée, correspondant à un petit repli anticlinal au milieu de ce qu'il nomme « Synclinal de la Demoiselle ».

Le synclinal de la Demoiselle est suivi, au Nord, d'un anticlinal qui ramène à l'affleurement le Précambrien, le long de la route de Rancoudray. On retrouve au-delà le grès armoricain, à pendage nord, puis la couche minéralisée du flanc nord de l'anticlinal où est creusée la descenderie de la mine de Berdalier (1, 517, 161). La couche est inclinée de 39 gr sur l'horizontale.

Les grès de May apparaissent près de la ferme du Grand Gard (1, 517, 165) et ils déterminent plus loin les hauteurs de la Blanchetière (1, 520, 176); entre ces deux collines, une petite dépression correspond à une culmination anticlinale des schistes à Calymènes.

La large vallée, au Nord de la Blanchetière, que draine le cours supérieur du ruisseau du Neuf-Etang, correspond à un second anticlinal ramenant au jour les schistes à Calymènes (Anticlinal de la Blanchetière). Son flanc nord nous permet de retrouver les grès de May. Au-delà, entre la Haute Croix Lecomte (1, 509, 187) et le Gué Macé (1, 523, 194) le manteau de limons recouvre une zone tabulaire sans affleurement ni différentiation morphologique nette. Ces limons, figurés sur la première édition de la feuille géologique Avranches au 1/80 000, sont associés à des « sables grossiers, formés de grains quartzeux roulés, empâtés dans des argiles colorées en jaune ou en rouge, formant des limons épars ». Ils ont été exploités en plusieurs points, notamment au Nord de la

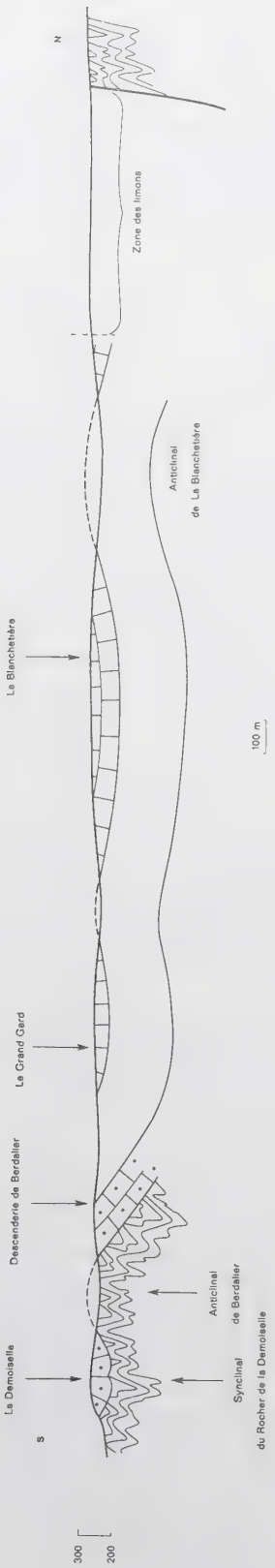


FIG. 18. — Coupe N-S par la Descenderie de Berdalier.

Haute Croix Lecomte, où d'anciennes excavations attestent l'utilisation de ces argiles comme terre à poterie.

Le problème de la corrélation entre les éléments structuraux mis en évidence par cette coupe, et les éléments décrits plus à l'Est, est délicat. En effet, une série de failles transversales nord-sud, hachent, entre les routes Barenton-Le Fresne Poret et Barenton-Rancoudray, tout l'ensemble primaire. Ces failles entraînent des décalages verticaux importants et il est difficile de rapporter un axe de plissement défini à l'Est avec tel ou tel axe de pli reconnu ici. Il semble cependant que le puissant anticlinal de la Verrerie voit sa suite logique dans l'anticlinal de la Blanchetière, également très bien marqué. Dans ces conditions, toute la zone comprise au Sud de cet anticlinal est représentée par un ensemble plus ou moins tabulaire, affecté par des plis de faible amplitude, analogues aux bombements décrits plus à l'Est, au Sud de l'anticlinal de la Verrerie.

C'est ce style tectonique qui va caractériser toute la zone de la concession de Bourberouge située à l'Ouest de la route de Barenton à Rancoudray : une série de plis peu accusés, seulement mis en évidence lorsqu'ils impliquent l'affleurement du grès armoricain. Ailleurs, lorsqu'ils portent à l'affleurement les schistes à Calymènes et les grès de May, la délimitation exacte des axes de plissement devient bien plus malaisée.

1.1.3.3. A l'Ouest de la route Barenton-Rancoudray.

La couche de minerai de fer exploitée à la mine de Berdalier bute à l'Ouest sur une faille méridienne rejetant les affleurements minéralisés à 250 m environ au Nord.

Ces affleurements se suivent alors de façon régulière sur 1 500 m environ, le long du flanc nord de la colline de Doumont (1, 525, 162). Cette colline domine, vers le Sud, un vaste glacis correspondant au Briovérien, recouvert d'un épais manteau d'éboulis de grès armoricain.

Le pli anticlinal mis en évidence à Berdalier (anticlinal de Berdalier) apparaît vers l'Ouest, à la faveur de la surélévation des axes de plissement, en déterminant une colline de grès armoricain (colline de Grémont — 1,528, 168). Cette hauteur dessine un croissant à convexité tournée vers l'Est, au cœur duquel apparaissent les schistes briovériens. D'anciennes tranchées d'exploitation de minerai de fer circonscrivent sa base sur plusieurs kilomètres.

Le petit synclinal situé au Sud de l'anticlinal de Berdalier (synclinal de la Demoiselle) garde une structure identique à celle décrite au Rocher de la Demoiselle. Les travaux miniers ont en effet retrouvé

les quatre lignes d'affleurement parallèles de la couche minéralisée. L'assimilation n'est donc pas douteuse.

Vers l'Ouest, une importante faille vient interrompre la continuité du relief de Grémont. Cette faille, bien que jouant de la même façon que les précédentes (compartiment ouest abaissé) a une orientation nettement différente : elle est dirigée N 30.

Dès lors, jusqu'aux environs de Mortain, les deux systèmes de failles (N-S et N 30) délimitent, au sein de l'association grès de May-schistes à Calymènes, qui forme le substratum de la région comprise entre Mortain et Rancoudray, une série de panneaux plus ou moins abaissés par rapport à leurs voisins. En effet, la grande règle des failles à rejet compensant la surélévation des axes va maintenant souffrir quelques exceptions, et ceci dans les deux systèmes de failles.

De part et d'autre de cette zone fracturée, où il est difficile de mettre des plis en évidence, les bordures méridionale et septentrionale de l'ensemble primaire méritent un examen particulier.

1.1.3.4. La bordure méridionale de l'ensemble primaire entre Rancoudray et Mortain.

A l'Ouest de la faille limitant le relief de Grémont, les affleurements de grès armoricain décrivent un Z dont les branches correspondent, au Nord-Ouest à la terminaison périclinale du synclinal de la Demoiselle, et au Sud-Est, à la terminaison périclinale au niveau du sommet de grès armoricain, de l'anticlinal de Berdalier.

Jusqu'à la Forge de Bourberouge (1, 550, 156) ces affleurements se suivent régulièrement vers l'Ouest-Sud-Ouest.

C'est à la Forge de Bourberouge que se manifeste un net changement dans la direction générale des couches. Alors qu'à l'Est, l'orientation des différents horizons oscillait entre N 80 et N 100, à l'Ouest de Bourberouge, la direction générale est de N 150 à N 170.

La torsion correspondante que subissent les couches se manifeste de façon spectaculaire immédiatement à l'Ouest de l'étang de la Forge, au flanc est de la Montagne de l'Averne : la surface structurale du sommet du grès armoricain prend la forme d'un cône dont les génératrices restent inclinées de 35 à 40 gr sur l'horizontale.

Entre la Forge de Bourberouge et Mortain, les traits tectoniques de cette bordure sud nous sont décrits avec une grande précision par H. MATTE (1906) :

« Les failles transversales... se manifestent de deux façons soit par des déplacements vers le Nord des assises qu'elles limitent, soit par un relèvement des bancs qui, de ce fait, élèvent leurs crêtes à des niveaux variables au-dessus de celles qui les environnent » [fig. 19 (a et b)].

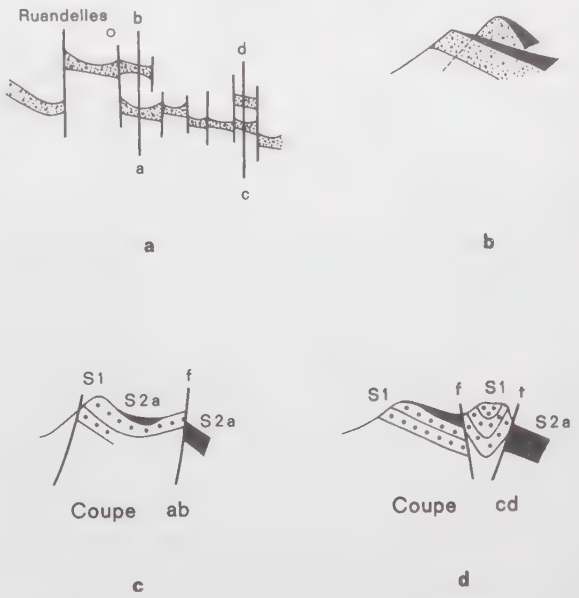


FIG. 19. — Tectonique de la crête Bourberouge - Mortain (d'après H. MATTE).

A ces failles transversales, figurées par MATTE comme appartenant à un seul système de cassures, mais dépendant en réalité des deux systèmes nord-sud et N 30 s'ajoute un système de failles longitudinales :

« Les failles longitudinales interviennent de deux façons pour compliquer la structure précédente; les unes ont pour résultat de ramener à jour, à quelques dizaines de mètres au Nord, le grès armoricain qui affecte alors la forme d'une petite cuvette dont le centre est occupé par un lambeau de schistes; ceux-ci ne se développent en série normale qu'au-delà et en contre-bas de la nouvelle faille » [fig. 19 (c)].

« Les autres s'ajoutent aux précédentes [fig. 19 (d)] produisant un effondrement partiel mais profond des petites cuvettes secondaires dont il vient d'être question, et les assises gréseuses, fortement relevées de part et d'autre, montrent leurs bancs en regard, dans un plongement inverse ».

Ce dernier accident n'étant rencontré, d'après MATTE, qu'en un seul point, à peu près à mi-distance entre la chapelle de Bourberouge et la ferme de Ruandelles (1, 563, 168).

Ces observations sont actuellement difficiles à refaire, en raison de l'épaisse végétation de la forêt de Lande Pourrie. Il semble bien toutefois que les

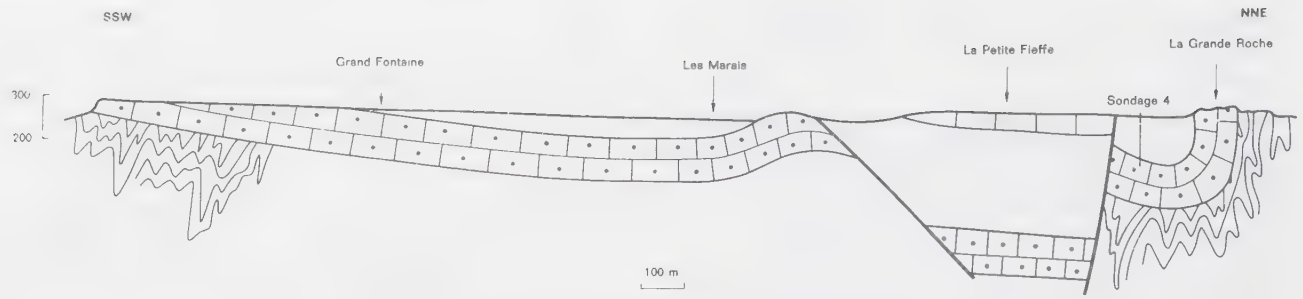


FIG. 20. — Coupe de Grand Fontaine à la Grande Roche.

traits structuraux mis en évidence par MATTE s'apparentent à ce que l'on observe plus à l'Est. Les schémas de la figure 19 (c et d) ne sont pas sans analogie avec la coupe que donne ANTHOINE (1914) du synclinal de la Demoiselle.

A l'Ouest de Ruandelles se manifeste une nouvelle tendance au changement de direction des couches. Le pendage de la couche minéralisée montré par les travaux miniers est Est-Nord-Est près de la ferme de Grand Fontaine (1, 572, 177). Il est franchement Est, 600 m au Nord de la ferme des Marais (1, 573, 184). Enfin, un peu au Nord des Marais les couches plongent au Sud : l'affleurement de la couche minéralisée décrit une courbe périsynclinale.

Si l'on suit, à partir des Marais, la route méridienne menant à Saint-Clément, on traverse d'abord du grès armoricain fermant au Nord le synclinal mis en évidence. La route retrouve des schistes à Calymènes, plongeant au Nord, non loin de la route Mortain-Flers; le grès armoricain constitue donc un éperon anticlinal au sein des schistes à Calymènes, éperon se terminant vers l'Est par une rupture de pente tournant vers l'Est sa convexité.

Au Nord de cet anticlinal, des sondages ont été effectués en vue de retrouver la couche minéralisée; ces sondages ont, par deux fois, été négatifs, rencontrant le grès armoricain sans trouver la couche, et traduisant ainsi un étirement du flanc nord de l'anticlinal.

Au-delà vers le Nord, la dépression drainée par la Cance correspond aux schistes à Calymènes. La butte de la Petite Fieffe (1, 568, 191) immédiatement à l'Est de la route de Saint-Clément, étant déterminée par le grès de May. Ces grès sont bien visibles, subhorizontaux, près de l'extrémité, arrondie vers l'Ouest, de cette butte. Le contact grès de May-schistes à Calymènes décrit ici une seconde courbe périsynclinale.

A la Grande Roche, enfin (1, 570, 198), on rencontre le grès armoricain qui limite au Nord l'ensemble primaire, et qui détermine des aiguilles subverticales. Le synclinal de Domfront se réduit ici à une forme de deux synclinaux séparés par un anticlinal médian.

Entre les grès de May de la Petite Fieffe et le grès armoricain de la Grande Roche, un sondage (n° 4) entrepris à 100 m du contact schistes à Calymènes-grès de May a retrouvé le grès armoricain à la profondeur de 104 m, alors qu'une structure synclinale simple entraînerait une profondeur voisine de 250 m pour ce contact. Il s'ensuit qu'une faille directionnelle affecte ce synclinal, faille dont la trace sur la surface topographique se situe nécessairement entre les grès de la Petite Fieffe et le sondage n° 4.

Dans ces conditions, les grès de la Petite Fieffe constituent, ici, le cœur d'un petit graben synclinal (fig. 20).

L'apparition, à la limite nord de l'ensemble primaire, de grès armoricain à fort pendage est un fait nouveau. Reprenons l'étude de cette bordure, là où nous l'avons laissée, c'est-à-dire au Nord de Rancoudray.

1.1.3.5. La bordure septentrionale de l'ensemble primaire entre Rancoudray et Mortain.

Il est difficile de saisir le passage du régime de faille limite d'effondrement, caractérisant tout l'ensemble primaire, depuis l'Egrenne jusqu'à Rancoudray, au régime synclinal caractérisant la zone de Mortain.

En effet, la zone où ce passage doit avoir vraisemblablement lieu est couverte du manteau de limons que nous avons précédemment signalé.

Au Moulin des Fanières, les schistes siluriens étaient directement en contact avec le Précambrien;

A la Roche Restout, au Sud de Saint-Clément, le grès armoricain subvertical, associé aux schistes à Calymènes qui les surmontent, affleure.

Le schéma de la figure 21 permet d'expliquer le passage d'un régime à l'autre, grâce au relèvement vers l'Ouest des axes de plissement.

— Au Moulin des Fanières, la surface topographique coupe (à peu près horizontalement) l'ensemble primaire, bien au-dessus du fond du « synclinal ».

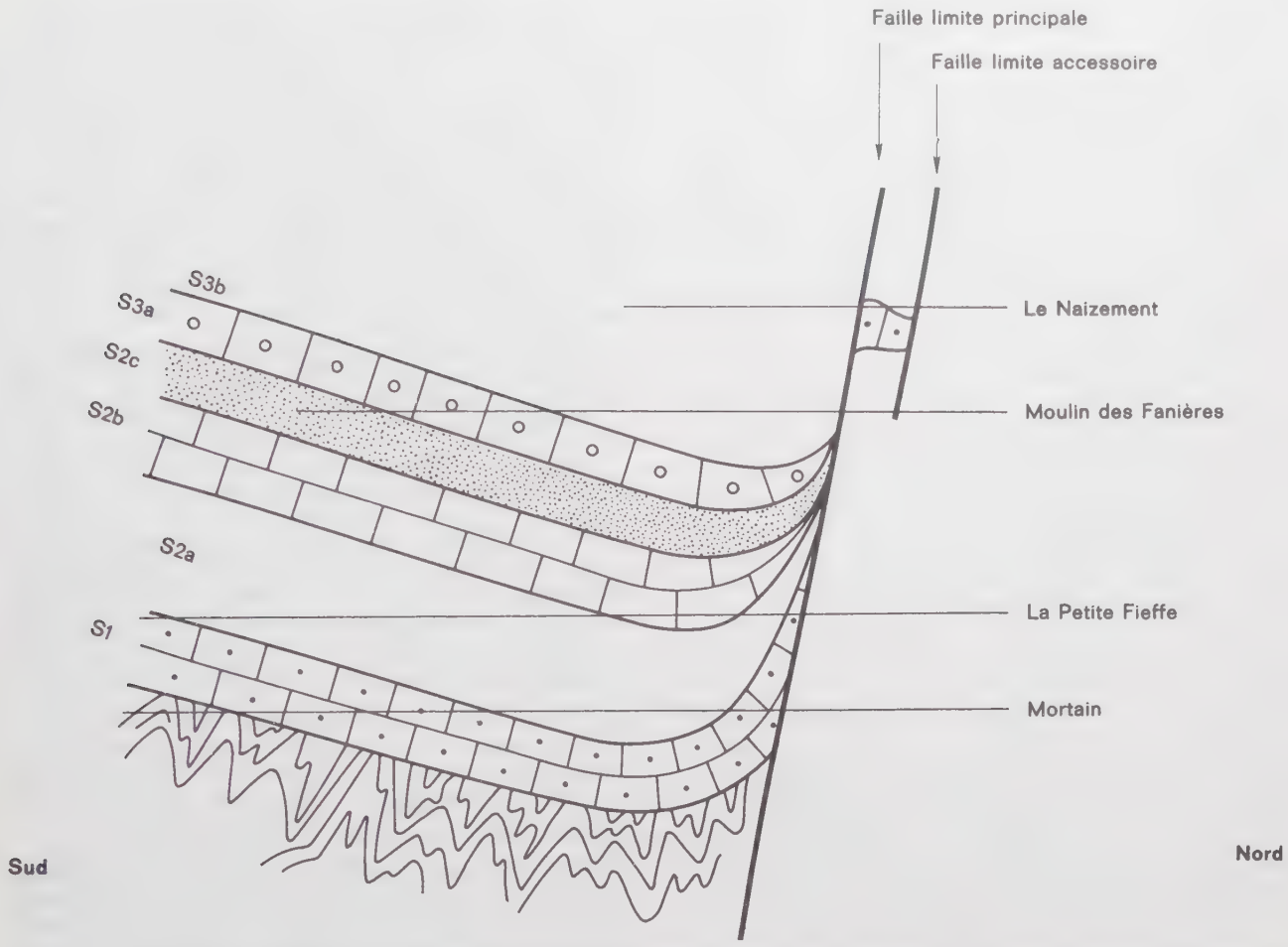


FIG. 21. — Passage du régime de la faille longitudinale d'effondrement (les Fanières) au régime synclinal (Mortain).

On trouve en contact le Briovérien et les termes supérieurs du Primaire.

— A Mortain, cette intersection est située peu au-dessus du fond, en-dessous de la zone de laminage. On obtient une forme synclinale complète.

1.1.4. Région de Mortain

La structure est entièrement déterminée par les 3 éléments structuraux mis en évidence par la coupe précédente :

— Synclinal sud : Synclinal du Neufbourg.

— Anticlinal médian : Anticlinal de l'Abbaye Blanche.

— Synclinal nord : Synclinal de Cabremont.

ainsi désignés par les localités où ils peuvent être le mieux mis en évidence.

La corrélation entre ces éléments structuraux et ceux définis plus à l'Est n'est pas précise : l'anticlinal de l'Abbaye Blanche représente sans doute l'extension occidentale des anticlinaux rencontrés à la Verrerie, à la Blanchetière et qui séparaient, comme à Mortain, deux zones synclinales. La discontinuité des observations (due aux failles transversales et au manque d'affleurements) ne permet pas de préciser outre mesure.

1.1.4.1. Synclinal du Neufbourg : les accidents méridiens (fig. 22).

L'appelation de « synclinal » ne trouve sa justification que tout à fait à l'Est de Mortain, près des fermes de Grand Fontaine et des Marais, où l'on pouvait observer la courbe périsynclinale décrite sur la surface topographique par le contact entre les schistes à Calymènes et le grès armoricain, contact jalonné par les anciens travaux de recherche de minerai de fer.

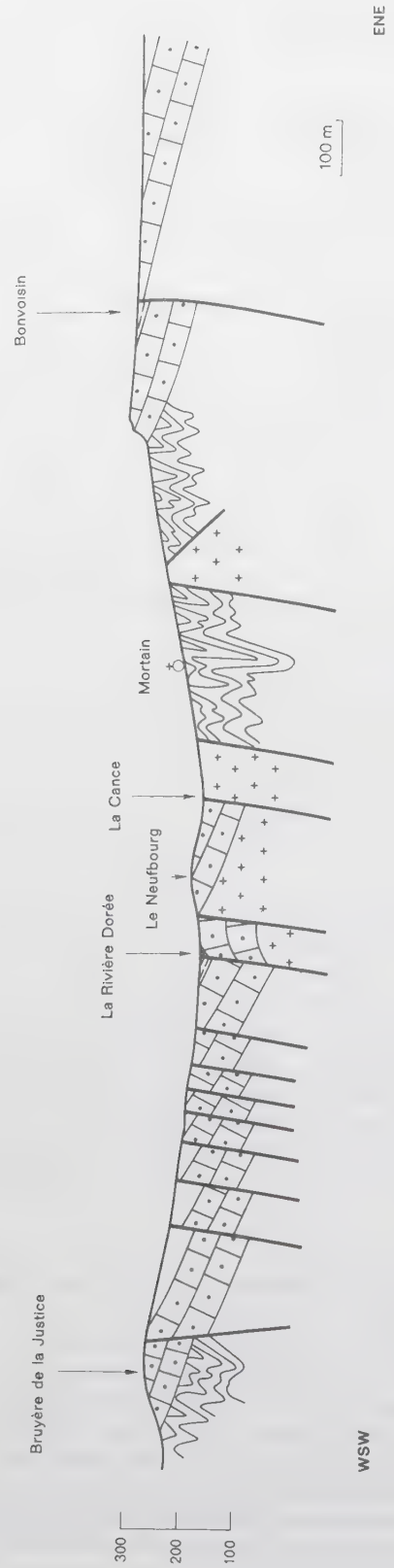


Fig. 22. — Coupe W.SW-E.NE par Mortain.

Plus à l'Ouest, on va se trouver en présence du grès armoricain, affecté de faibles pendages est, et déterminant des zones tabulaires séparées les unes des autres par d'importantes failles transversales dont le jeu compense généralement la surélévation des axes de plissement vers l'Ouest.

Ce sont ces failles qui vont délimiter exactement les affleurements des diverses assises : une coupe orientée E NE-W.SW, et passant par le centre de la ville de Mortain, permet de définir ces fractures et les panneaux qu'elles isolent :

— à l'Est de la chapelle de l'Ermitage (1, 579, 168) une première faille isole à l'Ouest un éperon allongé N-S qui porte le point culminant de la chaine de Mortain (314 m). Vers l'Ouest, le grès armoricain repose sur le Briovérien par l'intermédiaire d'une falaise abrupte d'une trentaine de mètres.

On peut évaluer à une centaine de mètres (puissance du grès armoricain) le rejet vertical de cette faille : près de la ferme de Bonvoisin (1, 578, 175) on trouve un petit placage de schistes à Calymènes, au compartiment ouest, en contact avec les niveaux inférieurs du grès armoricain du compartiment est.

Le petit lambeau de schistes à Calymènes, buttant à l'Est contre la faille, est limité vers l'Ouest par la surélévation de l'axe synclinal dont il représente une terminaison périclinale au niveau du contact du grès armoricain et des schistes à Calymènes.

— Une seconde faille transversale importante s'observe près de la gare de Mortain, immédiatement à l'Ouest de la carrière de Barenton (ou Balandon) (1, 583, 189). Le contact entre le grès armoricain et les schistes à Calymènes, au flanc nord de l'anticlinal de l'Abbaye Blanche, se trouve rejetée vers le Sud; au compartiment ouest, de 300 à 400 m. La rupture de pente, le long de cette faille qui délimite le contact grès armoricain-schistes à Calymènes, est visible vers le Sud jusqu'aux jardins de l'Abbaye.

Le grès armoricain du compartiment est subit, au voisinage de cette faille, un changement d'orientation et de pendage, indiquant clairement le sens dans lequel cette faille a joué.

On retrouve la trace de cette faille dans la ville même de Mortain où elle fait buter le grès armoricain à l'Ouest contre le granite à l'Est. Il semble d'autre part qu'elle s'accompagne d'une petite faille satellite, légèrement à l'Ouest, parallèle et jouant dans le même sens.

Entre cette faille de Barenton et celle de la chapelle de l'Ermitage existe sans doute une troisième faille du même système, décalant légèrement le contact des schistes à Calymènes et du grès armoricain, au flanc nord de l'anticlinal de l'Abbaye

Blanche et ramenant à jour, au château du Houx (1, 582, 178), le granite au compartiment est qu'elle sépare du Briovérien à l'Ouest.

Le cours N-S de la Cance, sous l'Abbaye Blanche (1,588, 184) correspond à une cassure du même système; cette faille met en contact, sous l'Eglise du Neufbourg, du grès armoricain à l'Ouest et du granite à l'Est, granite sur lequel vient reposer le grès armoricain qu'entaille la grande cascade de Mortain. Cette faille joue donc dans le même sens que les précédentes. Elle isole, avec la faille de Barenton, une véritable table de grès armoricain affectée d'un pendage faible (10 à 20 gr) vers le Nord-Est. Plus à l'Ouest, une importante faille provoque un élargissement considérable de l'ensemble primaire et surtout de l'affleurement des schistes à Calymènes par un abaissement prononcé de son compartiment est. Sa trace sur la surface topographique au carrefour de la Tête à la Femme (1, 589, 198), au pont du chemin de fer de la route Mortain-Vire (1, 590, 187), et suit au Sud la base occidentale des hauteurs où est bâti le village du Neufbourg.

Au Nord, entre la Tête à la Femme et le Neufbourg, elle met en contact les grès de May de la Grafardière (1, 593, 192), à l'Ouest, et les schistes à Calymènes à l'Est. Au Sud, ce sont les schistes à Calymènes de l'Ouest qui viennent buter contre le grès armoricain supportant les maisons du Neufbourg.

La tranchée de chemin de fer des Fresnayes (1, 594, 168) a fourni, outre la preuve de la discordance du grès armoricain sur le Briovérien, la preuve de l'existence de 7 failles parallèles; ces failles ont un pendage ouest et de faibles rejets de l'ordre de quelques mètres, ce qui les rend inobservables en l'absence de coupes artificielles. Entre ces failles, les couches sont dirigées N 130 à N 160 et ont un pendage de 20 à 30 gr vers le Nord-Est.

A l'Ouest de la colline dite « Bruyère de la Justice » (1, 600, 187), une faille nord-sud, jouant en sens inverse des précédentes, contribue à réduire la largeur d'affleurement du Primaire. C'est à l'Ouest de cette faille que l'on observe la terminaison périclinale du synclinal du Neufbourg. Au Sud de la Ferme du Pilon (1, 603, 186), le petit bassin de schistes à Calymènes de la Rivière Dorée se ferme vers l'Ouest au pied des hauteurs du Pilon, et au Nord contre le grès armoricain de l'anticlinal de l'Abbaye Blanche, à Roche grise (1, 600, 194) et aux Granges (1, 593, 185).

1.1.4.2. Anticlinal de l'Abbaye Blanche.

Entre l'Est de Mortain et le Neufbourg, la présence de cet anticlinal se manifeste grâce à la caractéristique rupture de pente, correspondant au contact du grès armoricain et des schistes à Calymènes de son flanc nord.

Ce flanc nord semble partout étiré, voire même faillé, nous l'avons déjà montré à l'Est (sondage au Nord des Marais). Le sondage h, près de l'Abbaye Blanche, commencé dans les schistes à Calymènes, est entré à 50 m dans le grès armoricain sans avoir recoupé la minéralisation.

A l'Ouest du Neufbourg, le ruisseau de Rivière Dorée traverse une voûte de grès armoricain, entre les fermes des Granges et de Roche Grise. Les pendages des horizons sommitaux du grès, de part et d'autre de cette voûte, sont faibles (20 gr au Nord, 30 gr au Sud) et les sondages effectués au flanc nord de l'anticlinal ont tous recoupé la minéralisation. Il semble donc que la faille d'étirement de ce flanc nord se réduise progressivement vers l'Ouest.

Enfin, l'anticlinal de l'Abbaye Blanche trouve sa terminaison périclinale un peu à l'Ouest de la ferme du Pilon, où la ligne d'affleurement de la base du grès armoricain décrit une courbe tournant sa convexité vers l'Est.

1.1.4.3. Synclinal de Cabremont.

Entre le grès armoricain de l'anticlinal de l'Abbaye Blanche et celui qui constitue, au Nord, la limite de l'ensemble primaire, une vaste aire synclinale, où affleurent les schistes à Calymènes (et parfois les grès de May), est marquée dans la topographie par une dépression drainée par la Cance et la Rivière Dorée.

Les pendages du grès armoricain, subverticaux au flanc nord et dirigés vers le Nord au flanc sud, pourraient faire croire à l'existence d'un simple synclinal. Les sondages de recherche de minerai ont montré qu'en réalité la structure était plus compliquée.

3 coupes transversales, utilisant au mieux les données des sondages, vont nous permettre de proposer une hypothèse valable pour la compréhension de la structure. De l'Est à l'Ouest, considérons les coupes :

a) passant par les sondages h, 7 et d
b) passant par les sondages n et 3
c) passant par les sondages i, o, c et 2.

Coupe a [fig. 23 (a)].

Le sondage 7 a recoupé la couche minéralisée à la profondeur de 172 m, avec un pendage de 70 gr Sud. Or le grès armoricain, au Sud, plonge de 50 gr vers le Nord. On est donc conduit (hypothèse la plus simple) à admettre l'existence d'un premier fond synclinal entre le grès armoricain et le sondage 7.

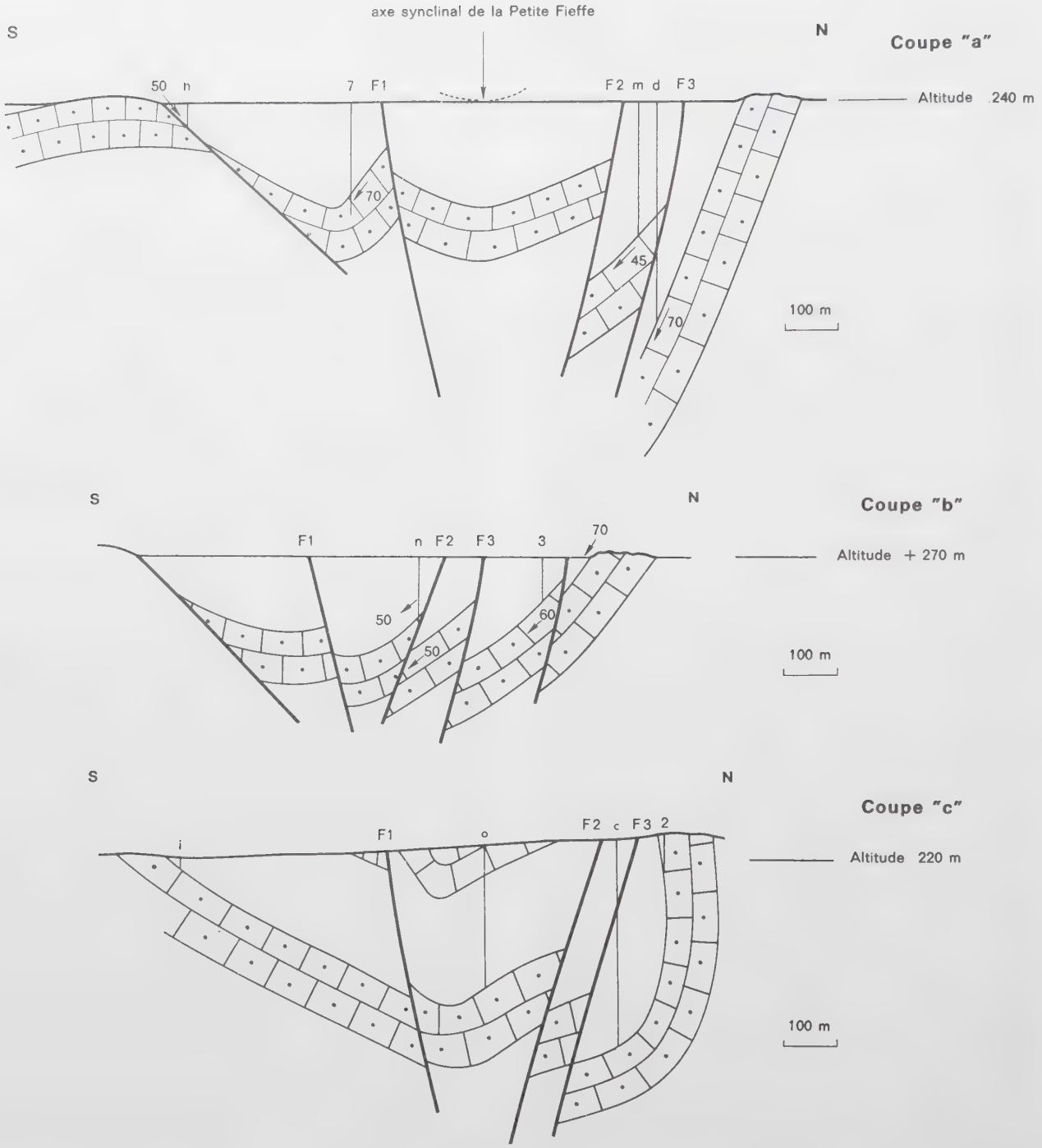


FIG. 23. — Coupes « a », « b », « c ».

D'autre part, le sondage h, près du contact entre le grès armoricain et les schistes à Calymènes du flanc nord de l'anticlinal de l'Abbaye Blanche, s'est révélé négatif (paragraphe précédent) traduisant l'étirement du flanc sud de ce premier synclinal.

580 m au Nord du sondage 7, le sondage d recoupe la couche à 427 m; son pendage est alors de 70 gr vers le Sud.

On ne peut admettre l'existence d'un simple synclinal juxtaposé au précédent et séparé de lui par un petit anticlinal aigu : ce synclinal, dont le fond se situerait vraisemblablement à une profondeur de

600 m (au niveau du minerai) ferait apparaître en son cœur, à l'affleurement, les termes supérieurs de l'Ordovicien (du moins le grès de May). Or, on n'observe que les schistes à Calymènes.

D'autre part, le prolongement vers l'Ouest de l'axe synclinal existant à la Petite Fieffe, coupe la trace de la coupe 250 m environ au Nord du sondage 7. On peut donc tracer le contact schistes à Calymènes-grès armoricain à 200 m environ (épaisseur maximale qu'on puisse attribuer aux schistes à Calymènes) à la verticale de l'intersection de l'axe synclinal de la Petite Fieffe et de la trace de la coupe.

Il en résulte qu'entre ce fond synclinal et la couche rencontrée par le sondage d existe un élément anticlinal, soit un véritable anticlinal interne, soit une faille longitudinale jouant le rôle d'un anticlinal. La coupe b va nous permettre de préciser la nature de cet élément anticlinal.

Enfin, les sondages m et d, distants de 50 mètres à peine, selon une direction transversale à l'allongement général du bassin, recoupent la couche à 250 m (pendage 45 gr sud) et 427 m (70 gr Sud). Ces deux éléments de couche sont donc obligatoirement situés de part et d'autre d'une faille longitudinale (F3).

Coupe b [fig. 23 (b)].

Le sondage n, en effet, recoupe deux fois la couche minéralisée. Une première fois à la profondeur de 121 m (pendage 50 gr Sud) et une seconde fois à 170 m (pendage 50 gr Sud).

Il en résulte que l'on doit admettre obligatoirement l'existence d'une faille directionnelle à pendage sud (F2). Il est hors de doute, en effet, qu'il s'agit de la même couche, comme le montrent d'une part l'identité des puissances et des compositions chimiques du minerai, d'autre part l'absence d'une autre couche minéralisée dans toute la région.

A 300 m environ au Nord, le sondage 3 recoupe la couche à 80 m de profondeur (pendage 60 gr Sud).

Entre le sondage n et l'extrémité sud de la zone synclinale de Cabremont, aucun sondage ne nous permet de préciser la structure, en particulier la nature du record entre le synclinal de la Petite Fieffe et le synclinal le plus méridional mis en évidence par le sondage 7.

Entre le sondage n et le grès armoricain de la limite nord existent certainement d'autres failles du même système, comme le montrent les pendages mesurés au fond du sondage 3 (60 gr) et à l'affleurement (70 gr), ou entre le sondage 3 et la couche inférieure du sondage n (50 gr). La faible densité des sondages ne permet pas de préciser, mais il n'est pas hasardeux d'extrapoler, à partir de la coupe a, l'existence de la faille (F3). Au Nord de celle-ci existe sans doute une seconde faille semblable (F4) dont la trace sur la surface topographique sépare l'orifice du sondage 3 et le grès armoricain.

Coupe c [fig. 23 (c)].

Le sondage i, à l'extrémité sud de l'aire synclinale, recoupe la couche affectée d'un pendage de 45 gr vers le Nord; on peut considérer que le laminage du flanc nord de l'anticlinal de l'Abbaye Blanche est maintenant nul.

A 650 m au Nord, le sondage o coupe la couche à 275 m (pendage 45 gr Sud).

Entre ces deux sondages existe sans doute l'élément anticlinal décrit précédemment et séparant le synclinal de la Petite Fieffe du synclinal méridional. En effet, dans le cas d'un synclinal simple, dont le fond au niveau du minerai se trouverait à plus de 300 m (puisque la couche, au sondage o, a un pendage de 45 gr Sud), on trouverait, à l'affleurement, des grès de May.

Le sondage c, 250 m au Nord du sondage o, coupe la couche à 393 m (pendage 30 gr Sud). On peut donc admettre que les failles directionnelles (F3, F4) mises précédemment en évidence, passent entre les points atteints par les sondages o et c, sans préciser outre mesure.

Quelques observations relatives à la terminaison périclinale du synclinal de Cabremont vont nous permettre de définir la nature de l'élément structural séparant le synclinal méridional du synclinal de la Petite Fieffe.

1.1.4.4. La terminaison périclinale du synclinal de Cabremont.

Une importante faille transversale, à l'Est de la ferme du Pilon, remonte considérablement son compartiment ouest et diminue de ce fait notablement la largeur d'affleurement du Primaire.

Au Nord de la ferme des Trois Epis (1, 613, 190), on remarque, reposant sur le granite, le grès armoricain dont le pendage est de 20 gr vers le Nord. Ce grès fait place vers le Nord, au granite, sans que le pendage change. La limite est donc constituée par une faille, sensiblement est-ouest (faille F1).

Le panneau ainsi délimité vers le Sud est affecté par un petit repli anticlinal, très visible un peu à l'Est de la cote 273, auquel fait suite vers le Sud un synclinal peu accusé : cet ensemble synclinal-anticlinal représente l'extension occidentale du synclinal méridional de la zone synclinale de Cabremont, et la faille est-ouest sépare ce synclinal méridional du synclinal de la Petite Fieffe.

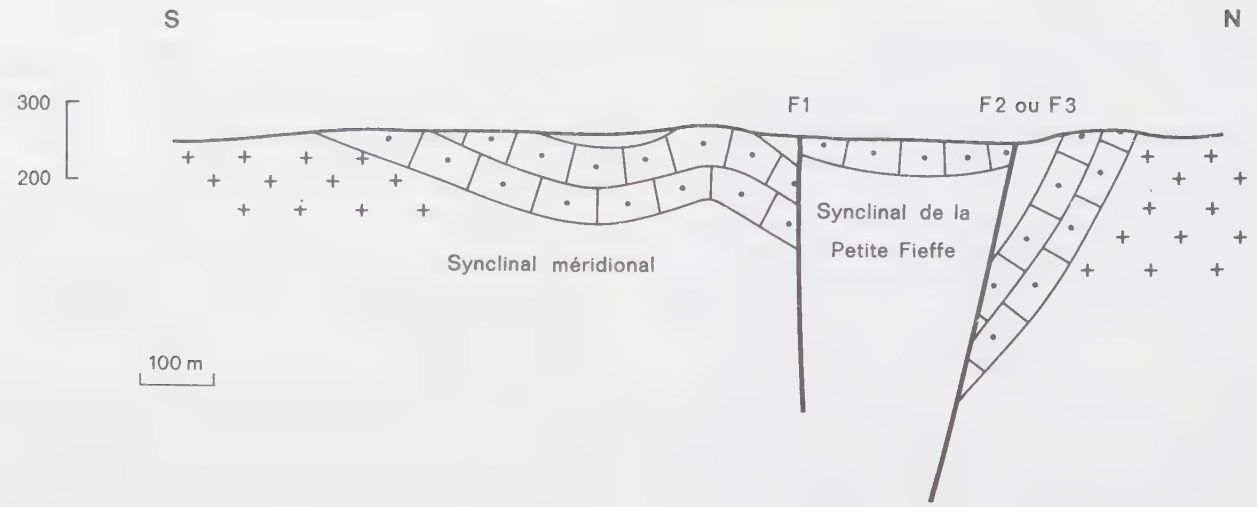


FIG. 24. — Coupe à l'Ouest de la ferme du Pilon.

La grande faille inverse rencontrée dans les coupes précédentes, et abaissant fortement son compartiment nord, est marquée, près de la Chauvinière (1, 608, 199), par un affleurement de grès armoricain, très redressé, limité au Nord par le granite sur lequel il repose, et au Sud par le même granite remonté par la faille.

Entre ces 2 failles longitudinales le synclinal de la Petite Fieffe voit sa terminaison périclinale peu à l'Est de la route de Romagny à La Chauvinière.

La coupe suivante (fig. 24) résume ces observations : elle traduit l'existence d'une sorte de horst, entre deux failles longitudinales, encadré au Sud par un panneau à faibles pendages moyens, et au Nord par un panneau très relevé.

2. — LE SYNCLINAL DE DOMFRONT A L'EST DE L'EGRENNE

2.1. *ENTRE L'EGRENNE ET LA VARENNE.*

On est tenté de chercher, sur la rive gauche de l'Egrenne, c'est-à-dire au flanc est de la faille de l'Egrenne, les éléments de la structure mis en évidence sur la rive droite.

Or, depuis la Guerche (2, 393, 132) (1 km au Nord-Ouest de la Haute Chapelle) jusqu'aux Iles (2, 407, 158), à la limite nord du Primaire, on reste au fond d'une dépression de schistes siluriens. A la Guerche, ces schistes affectés d'un pendage nord de 35 gr reposent sur le grès culminant et constituent les termes les plus élevés d'une série monoclinale qui débute au Sud de la Haute Chapelle par le grès armoricain.

Que sont devenus, dans ces conditions, les anticlinaux de Sur-le-Mont et de Lonlay-l'Abbaye ? Il semble que le premier trouve sa terminaison périclinale sur la rive gauche de l'Egrenne, à la Chaslerie (2, 395, 139), où une butte arrondie vers l'Est correspond à un îlot de grès culminant au milieu des schistes siluriens.

Le second est peut-être représenté par la petite colline de la Richardière (2, 398, 145), où affleure le grès culminant, sans toutefois qu'on puisse y définir un pendage ou une direction. Ces deux buttes font place vers l'Est à la dépression des schistes siluriens drainée par le ruisseau de Choisel. Cette dépression est fermée au Nord par un important relief déterminé par le Briovérien.

Au Nord de Choisel, à la Foisonnière (2, 385, 148), toutefois, lorsque l'on quitte la dépression, vers le Nord, on rencontre, avant de passer dans le Briovérien, du grès culminant dont le pendage est de 30 à 40 gr vers le Sud : il s'agit donc du flanc nord d'un vaste synclinal dont le cœur est occupé par les schistes siluriens. La structure semble donc se réduire à un seul synclinal dont le flanc nord est coupé par la faille limite d'effondrement et dont le flanc sud, régulier, nous permet d'observer la succession des niveaux siluriens et ordoviciens, jusqu'au grès armoricain dominant la gare de Domfront.

Cette structure simple est affectée par un double système de fractures :

— les unes de direction générale N 150, c'est-à-dire plus ou moins parallèles à la faille de l'Egrenne,

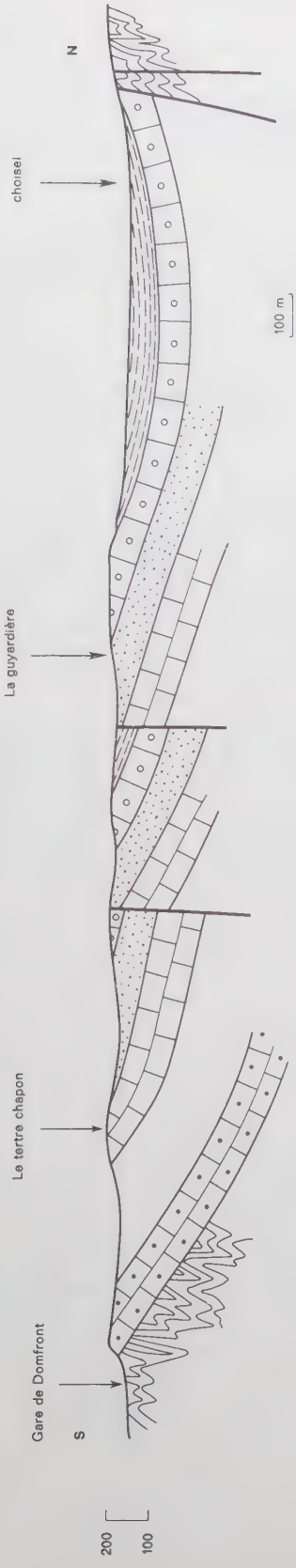


FIG. 25. — Coupe Nord-Sud à l'Ouest de la Guyardière.

entraînent des décrochements et rejets verticaux souvent importants mais ayant une nette tendance à diminuer vers le Sud-Est. C'est l'une d'elles, en particulier, qui détermine le redoublement des grès de May et des schistes supérieurs de la coupe de la Varenne. Elles constituent ce que nous appellerons *le système de l'Egrenne;*

— les autres, sensiblement nord-sud, semblent entraîner des rejets purement verticaux, délimitant entr'elles des panneaux plus ou moins soulevés les uns par rapport aux autres.

— D'une façon générale enfin, ce dernier système de fracture semble antérieur au système NW-SE.

Sur le terrain on observe donc des panneaux sans continuité longitudinale, à pendage généralement nord, et déterminant ce relief discontinu que l'on peut observer entre les vallées de la Varenne et de l'Egrenne.

Une coupe N-S passant un peu à l'Ouest du château de la Guyardière (2, 374, 131), résume ces traits structuraux (fig. 25).

2.2. *COUPE DE LA VALLÉE DE LA VARENNE* (fig. 22 a et 22 b).

La vallée de la Varenne entaille profondément toutes les formations primaires; elle permet de mettre en évidence, outre une grande faille du système de l'Egrenne, l'existence de plissements de faible amplitude.

En remontant le cours de la Varenne à partir de la gare de Domfront, on traverse successivement (voir chapitre Stratigraphie) le grès armoricain (direction N 115 à N 125, pendage 33 à 36 gr), les schistes à Calymènes, les grès de May avec leur intercalaire schisteux (direction N 120 pendage 35 gr), puis les schistes supérieurs (direction N 120, pendage 20 gr) jusqu'aux premières maisons du Pont de Caen (2, 369, 120). Les grès que l'on rencontre au village du Pont de Caen sont les grès de May, que l'on retrouve en amont des schistes supérieurs grâce au jeu d'une faille du système de l'Egrenne, dont la trace, sur la surface topographique, vers l'Ouest, se dirige vers la ferme de la Renaudière (2, 385, 137), où elle interrompt la continuité du contact rectiligne entre le grès culminant du Defais (2, 374, 134) et les schistes siluriens de Choisel.

Au-delà de ces grès de May se développent de nouveau les schistes supérieurs, visibles dans les fossés de la route nationale au Nord du Pont de Caen. La direction des couches avoisine N 120, le pendage reste voisin de 20 gr.

C'est au carrefour de la route nationale et de la route des Auvraies (2, 362, 123) que l'on note, au sein du grès culminant qui a succédé aux schistes supérieurs, un pendage à peu près nul. En suivant vers le Nord la route des Auvraies, on note successivement, dans le grès culminant, les directions et pendages suivants : N 120 — 50 gr Sud-Ouest, puis N 130 — 15 gr Nord-Est. Le petit chemin qui descend, vers le Sud-Est, de la Basse Poussinière (2, 361, 125) vers la carrière du Moulin Plein (2, 357, 124) nous permet de retrouver la même succession en sens inverse : N 120 — 18 gr Nord-Est, puis N 110 — 57 gr Sud-Ouest, puis couches subhorizontales. Ce petit chemin s'incurve ensuite vers le Nord-Est et nous montre le grès culminant, au bord sud de la carrière du Moulin Plein, dirigé N 120 et plongeant à 18 gr au Sud-Ouest.

Enfin, la carrière du Moulin Plein entame le cœur d'un anticlinal où l'on voit parfaitement la voûte que dessine le grès culminant au-dessus des schistes supérieurs.

En continuant à remonter le cours de la Varenne, sur la rive droite, on note, après les pendages nord-est de l'extrémité nord de la carrière, de faibles pendages (N 115 — 20 gr SW, N 110 — 19 gr SW) aux environs du passage à niveau du Moulin Plein et l'on passe bientôt aux schistes siluriens, après une nouvelle inversion de la direction du pendage.

Il existe donc, entre le Pont de Caen et la dépression silurienne, 2 anticlinaux successifs que la coupe de la figure 26 a met en évidence.

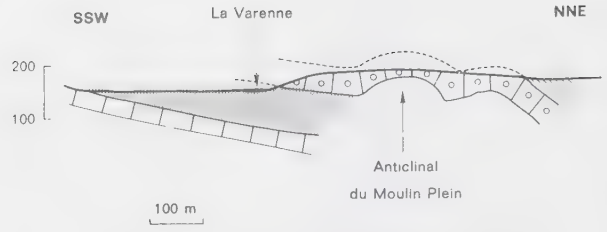


Fig. 26 a. — Coupe à travers les anticlinaux du grès culminant.

2.3. *ENTRE LA VARENNE ET CHAMPSECRET.*

Sur la rive gauche de la Varenne, nous retrouvons les mêmes traits structuraux, mieux accusés toutefois dans la morphologie : l'anticlinal du Moulin Plein porte à l'effleurement les schistes supérieurs, auxquels correspond l'élargissement de la vallée de la Varenne. L'anticlinal septentrional, dont l'axe plonge vers l'Est, voit sa terminaison périclinale, au niveau du contact grès culminant-schistes siluriens, sur la rive droite de la Varenne (2, 348, 127).

Le grès culminant de la Croix Pavée (2, 341, 122) constitue donc, au pied de la côte de la route Domfront-Briouze, le flanc nord de l'anticlinal du Moulin Plein. La dépression qui fait suite à ce grès, occupée par les schistes siluriens, est fermée au Nord par une petite colline de grès culminant dont le pendage

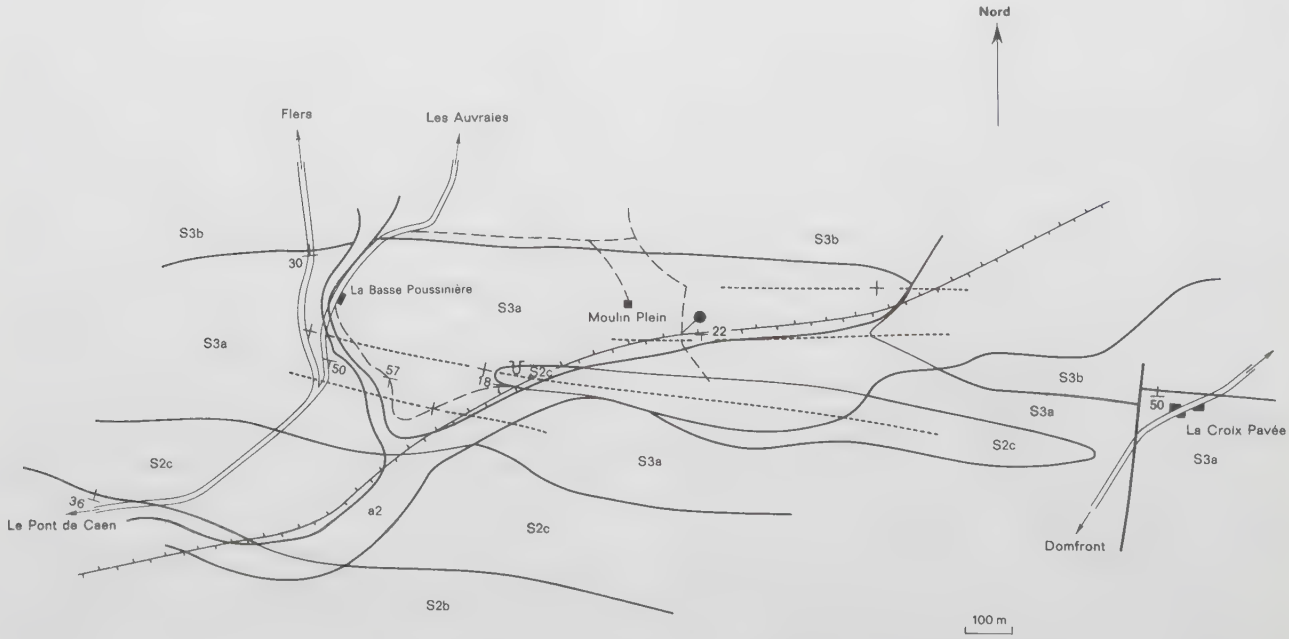


Fig. 26 b. — Anticlinaux de Domfront.

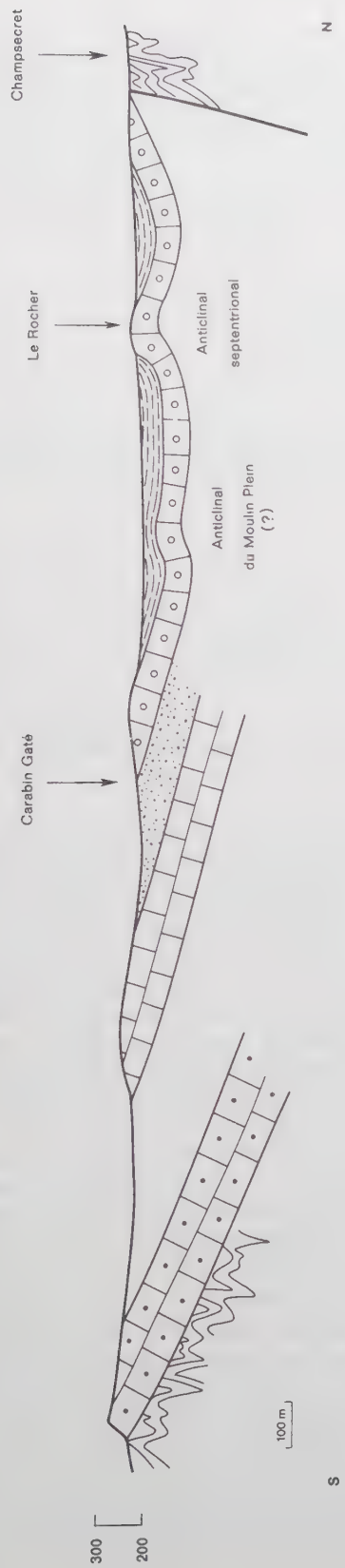


Fig. 27 a. — Coupe Nord-Sud de Perrou à Champsecret.

assez fort (55 gr) est dirigé vers le Sud : les schistes siluriens forment ici le cœur d'une cuvette synclinale.

Le grès culminant va constituer, jusqu'à Champsecret, la limite septentrionale de l'ensemble primaire; la vallée de l'Andainette, dont le fond est occupé par les schistes siluriens, marque le cœur d'une structure synclinale.

L'anticlinal septentrional de Domfront, dont on observait — sur la rive droite de la Varenne — la terminaison périclinale, s'observe en deux points, entre la Varenne et Champsecret, à la faveur de failles transversales du système nord-sud qui remontent leur compartiment est, compensant ainsi l'effet du plongement des axes vers l'Est :

— d'une part au NE de la ferme de la Haie du Gué (2, 328, 122) où le grès culminant subhorizontal affleure sur la rive gauche de l'Andainette (la faible surface d'affleurement de ce grès n'a pas permis de le figurer sur la carte géologique au 1/50 000) ;

— d'autre part à la ferme du Rocher (2, 300, 122), au Sud de Champsecret, où une petite éminence est déterminée par le grès culminant de l'anticlinal, au milieu des schistes siluriens.

Par contre, l'anticlinal du Moulin Plein n'est plus caractérisé à l'Est de la Varenne.

Au Sud de la vallée de l'Andainette, on retrouve successivement toutes les formations du silurien et de l'Ordovicien, déterminant une série monoclinale jusqu'au grès armoricain dont les hauteurs dominent la dépression briovérienne au-dessus du village de Perrou.

Une coupe (fig. 27 a) entre Perrou et Champsecret résume ces observations. Nous y avons figuré un repli anticlinal au Sud de l'anticlinal du Rocher, pour traduire l'extension orientale de l'anticlinal du Moulin Plein. Ceci n'est qu'une hypothèse.

2.4. *ENTRE CHAMPSECRET ET L'ÉTOILE D'ANDAINE.*

Au Sud de Champsecret, le long de la route de Juvigny, on observe, à la Touche (2, 297, 127), le contact entre le Briovérien au Nord et le grès culminant fermant, au Nord, le synclinal de l'Andainette.

Ce grès culminant s'étend vers l'Est jusqu'à une vallée étroite, N-S, qui le traverse en cluse. Il a une direction N 110 à 120 et la faille directionnelle limite est franchement Est : on observe donc, au Nord du grès, les schistes supérieurs sous-jacents, dont le pendage (30 gr) est régulier vers le Sud. Aux schistes supérieurs fait suite, vers le Nord, du grès armoricain, à pendage de 40 à 60 gr vers le Nord, consti-

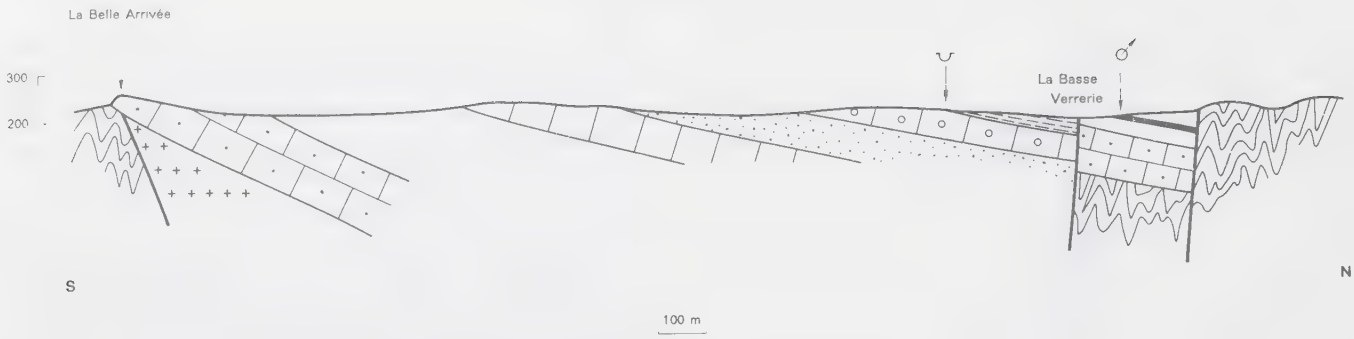


Fig. 27 b. — Coupe Nord-Sud à l'Est de Champsecret.

tuant un petit panneau pincé entre deux failles longitudinales.

Ce régime de panneaux au contact de la grande faille limite constitue le trait dominant de la structure jusqu'à l'Etoile d'Andaine : en effet, immédiatement à l'Est de la cluse précédemment citée, une importante faille transversale N-S, vient interrompre la continuité des assises primaires. La limite nord de la structure primaire se trouve rejetée de 800 m environ vers le Sud. Alors qu'à l'Ouest de la faille, un panneau de grès armoricain formait l'extrême limite de l'ensemble primaire, à l'Est, ce sont les schistes à Calymènes, plongeant faiblement vers le Nord (20 gr), qui constituent cette limite. Ces schistes sont compris entre deux failles parallèles les mettant en contact, au Sud, avec les schistes siluriens, terme ultime d'une série monoclinale dont la base est représentée par le grès armoricain qui domine Juvigny. Au Nord, la seconde faille les met en contact avec le Briovérien.

Ces schistes à Calymènes constituent un placage de faible épaisseur sur du grès armoricain sous-jacent : le niveau minéralisé, situé à quelques dizaines de mètres de la base du grès armoricain, a été exploité depuis fort longtemps; de récents travaux miniers ont permis de retrouver la couche, à faible pendage (20 gr) nord (fig. 27 b).

Plus à l'Est, on compte au moins 3 failles transversales, sur moins d'un kilomètre. Ces failles nous permettent de retrouver entre le Silurien et le Précambrien, des panneaux de constitution variée :

— Entre les failles 1 et 2, un panneau de grès armoricain, constituant le relief de La-Roche-aux-Dames (2, 283, 113), à faible pendage (20 gr) nord.

— Entre les failles 2 et 3, le grès armoricain surmonté des schistes à Calymènes, comme l'attestent d'anciennes exploitations de minerai de fer.

— Au-delà de la faille 3, le grès armoricain seul.

Au Sud de ces panneaux se développe la série primaire monoclinale, à pendages très faibles permettant une érosion différentielle très caractéristique. La dépression des schistes siluriens, au Sud immédiat des panneaux nord, se ferme vers l'Est, traduisant la convergence de la direction générale des assises en position monoclinale et de la faille limite.

2.5. *ENTRE L'ÉTOILE D'ANDAINE ET SAINT-MICHEL-DES-ANDAINES.*

2.5.1. Aux environs de l'Etoile d'Andaine

A la longitude de l'Etoile d'Andaine, les deux failles délimitant les panneaux de grès armoricain et de schistes à Calymènes semblent avoir convergé. Lorsque l'on quitte l'Etoile d'Andaine vers l'Etre Guérin (4, 271, 139), on passe directement du grès culminant aux schistes briovériens. La structure du Primaire se réduit à un monoclinal simple, à faible pendage, surtout au Nord : la largeur d'affleurement du grès culminant excède 500 m, ce qui correspond à un pendage moyen inférieur à Arc sin 70/500 (70 étant la puissance approximative du grès culminant) soit 10 gr environ.

Toute la dépression dont l'Etang du Château de l'Ermitage (4, 255, 122) occupe le fond, est recouverte d'un épais manteau de limons, témoin probable d'un ancien lac longtemps retenu par les reliefs convergents du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs et du synclinal de Domfront.

A travers ces limons, percent toutefois, à l'Ouest du Château de l'Ermitage, quelques têtes de grès armoricain, figurées avec une extension considérable sur les 1re et 3e éditions de la feuille d'Alençon. Il semble que ce grès constitue un petit panneau effondré par le jeu de failles longitudinales, au sein du Briovérien qui l'entoure.

Une coupe transversale, effectuée exactement selon le méridien de 3 gr 10, permet de se rendre compte

de l'extension orientale de la structure et de définir exactement la nature du raccord entre les synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs.

2.5.2. Coupe selon le méridien de 3 gr 10 ($x = 225$)

Au Sud, au carrefour des routes de Bagnoles à la Chapelle d'Andaine, et de Bagnoles à Juvigny, affleure le granite, déterminant, avec le Briovérien, la dépression de Couterne-Juvigny.

Les assises primaires déterminent une série monoclinale jusqu'à la route de La Ferté-Macé à Domfront. Cette série se traduit successivement dans la morphologie :

— par la barre surplombant le granite (route du Faîte) correspondant au grès armoricain, à faible pendage (20 gr) vers le Nord;

— par la dépression des schistes à Calymènes, drainées par le ruisseau du Fief aux Bœufs;

— par le relief des grès de May, fermant au Nord la vallée du ruisseau du Fief aux Bœufs, et au Sud celle du ruisseau de la Prise Pontin, vallée entaillant les schistes supérieurs;

— enfin, par le relief déterminé par le grès culminant, dont la crête est suivie par la route nationale.

Au flanc nord de ce relief apparaît, en contact avec le grès culminant, du grès armoricain, à pendage nord (35 gr). Le contact entre les deux masses gréseuses correspond à la faille limitant au Nord le synclinal de Domfront.

Le grès armoricain supporte les schistes à Calymènes, occupant une petite vallée fermée au Nord par un éperon de grès armoricain, éperon tournant sa convexité vers l'Est, au-delà duquel, vers le Nord, on retrouve les schistes à Calymènes : il s'agit donc d'un double pli synclinal (S) et anticlinal (A).

- le synclinal (S) se ferme, au niveau du contact grès armoricain-schistes à Calymènes, un peu plus à l'Ouest;
- l'anticlinal (A) dont l'axe plonge également vers l'Est, permet le raccord du grès armoricain constituant la limite sud-ouest du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs et du grès armoricain du flanc nord du synclinal (S).

La coupe suivante (fig. 28 a) met ainsi clairement en évidence le raccord entre l'ensemble primaire de Domfront et celui de La Ferrière-aux-Etangs.

Plus à l'Est, un important champ de fractures transversales affecte profondément les deux ensembles de La Ferrière-aux-Etangs et de Domfront, entraînant des rejets verticaux de grande amplitude.

2.6. *LE CHAMP DE FRACTURES DE BAGNOLES DE L'ORNE - SAINT-MICHEL-DES-ANDAINES.*

Ces fractures se manifestent de façon évidente au contact du grès armoricain du bord sud de l'ensemble primaire et du granite. Elles élèvent systématiquement leur compartiment est, et se traduisent dans la morphologie par des déplacements successifs vers le Nord de la barre du grès armoricain.

Ces failles délimitent des panneaux monoclinaux à pendage nord, à l'intérieur desquels les assises gardent une parfaite régularité tant en orientation qu'en pendage, comme le montre le tableau suivant

Localisation	Niveau stratigraphique	Pendage	Direction
pierres druidiques (4 km WNW Bagnoles) (4 234, 83)	grès armoricain	30 gr	127 gr
la Croix Gauthier (1 à 2 km W Bagnoles) (4, 220, 76)	grès armoricain	21 gr 26 gr 27 gr	123 gr 120 gr 123 gr
Thermes de Bagnoles (4, 198, 70)	grès armoricain	24 gr 30 gr	121 gr 123 gr
au Nord de la gare de Bagnoles (4, 196, 80)	grès de May	27 gr 34 gr	122 gr 126 gr

On peut noter au moins 5 failles, sensiblement parallèles entr'elles et de direction N-S, numérotées de 1 à 5 d'Ouest en Est.

Faille n° 1.

Elle détermine dans la barre du grès armoricain, un col qu'emprunte la route de Bagnoles à Juvigny-sous-Andaine. Parfaitement rectiligne, on en trouve la trace 3 km plus au Nord, où elle vient interrompre la continuité du grès armoricain du flanc sud du synclinal (S). Or, si l'on cherche, en ce point, au compartiment est, l'équivalent de la structure décrite le long du méridien de 3 gr 10, on se rend compte que la faille directionnelle qui séparait la structure monoclinale du Sud du synclinal (S) n'existe plus. Au-delà des schistes siluriens, termes ultimes du monoclinal, on retrouve l'anticlinal (A), dont le cœur, à l'affleurement, est constitué de grès culminant. Cela revient à dire que la faille d'effondrement E-W, qu'on suivait depuis Mortain, et qui

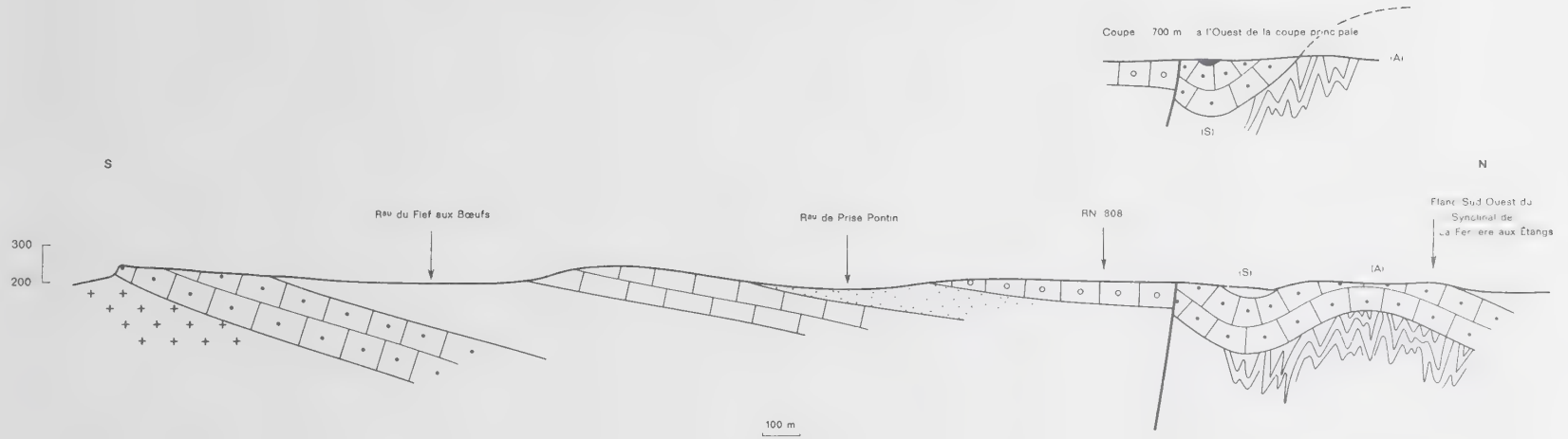


FIG. 28 a. — Coupe selon le méridien 3 gr 10.

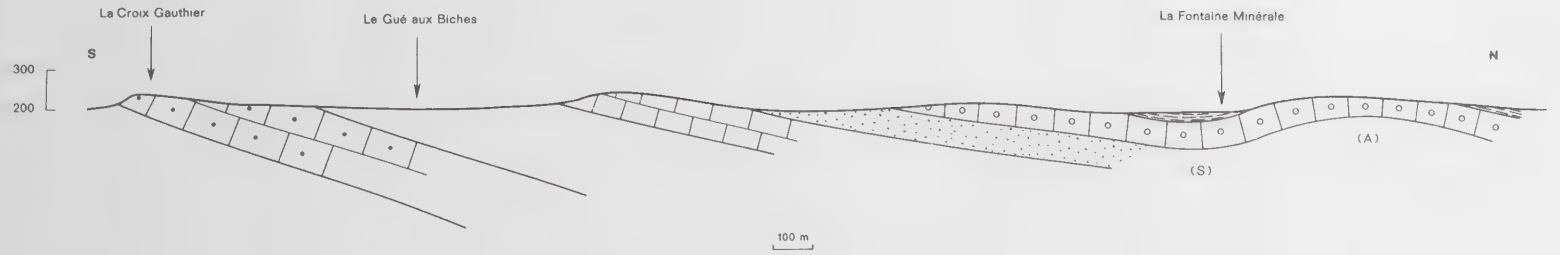


FIG. 28 b. — Coupe à l'Est de la faille n° 1.

limitait au Nord l'ensemble primaire, est relayée en ce point par une faille N-S. Tout se passe comme si les quadrants nord-est, sud-est et sud-ouest s'étaient effondrés par rapport au quadrant nord-ouest, le laissant ainsi en relief.

La comparaison de la coupe du méridien 3 gr 10, et d'une coupe effectuée immédiatement à l'Est de la faille n° 1 met bien le phénomène en évidence (fig. 28 b).

Faille n° 2.

Elle décale les alignements de grès armoricain exactement au Sud du Gué aux Biches ($x = 210$). On en retrouve la trace à la Fontaine Minérale (4, 211, 104), où elle détermine une vallée méridienne dans le grès culminant de l'anticlinal (A). Ce grès culminant, bien visible à son compartiment ouest, où il est entaillé par la carrière des Brisettes (4, 215, 113), cesse de l'être à l'Est, où sa présence est seulement marquée par un léger bombement dans la topographie, et par de nombreuses fermes qui avoisinent le contact du grès et des schistes siluriens.

La limite nord de l'ensemble primaire est marquée au Sud-Est de Mont-Albert (4, 213, 128), par un panneau de grès armoricain. Ce panneau est limité à l'Ouest par la faille n° 2.

Failles n° 3 et 4.

La faille n° 3 possède une direction légèrement différente, sensiblement N 10, et vient de ce fait converger avec la faille n° 4 N-S. Elle est donc seulement mise en évidence par le décalage qu'elle entraîne sur la barre du grès armoricain. La faille n° 4, visible au Tertereau (4, 205, 72), à 500 m à l'Ouest de l'établissement thermal de Bagnoles, joue encore dans le même sens; elle décale très nettement au Haut-Bézier (4, 206, 82) la trace sur la surface topographique du contact entre les schistes à Calymènes et le grès de May; plus au Nord, près de Saint-Michel-des-Andaines, elle semble converger avec la faille n° 5, orientée légèrement au Nord-Ouest.

Faille n° 5.

C'est elle qui détermine la cluse étroite de l'établissement thermal de Bagnoles, et c'est sur son passage que s'ouvre la célèbre source. Dirigée N 180, elle provoque un net décalage des barres bien accusées dans le relief du grès armoricain et des grès de May. Plus au Nord, elle semble limiter vers l'Est le panneau de grès armoricain fermant au Nord la structure primaire.

Le village de Saint-Michel-des-Andaines, bâti sur le grès culminant de l'anticlinal (A) se trouve au compartiment est de la faille n° 5. Le plongement vers l'Est des axes de plissement entraîne vers l'Est la terminaison périclinale de l'anticlinal (A), au niveau du contact du grès culminant et des schistes siluriens. La Vée, entaillant ces schistes, contourne le grès culminant par l'Est.

Conclusion : Raccord des structures de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs.

L'anticlinal (A) sépare deux ensembles distincts, aux environs de Saint-Michel-des-Andaines; au Sud, un monoclinal, terminé par un synclinal (S), au Nord, un second monoclinal.

La faille n° 1, mettant au jour des assises plus anciennes à son compartiment ouest, détermine la divergence des deux ensembles, par apparitions du Briovérien au cœur de l'anticlinal (A).

Ainsi s'explique de façon simple le problème du raccord des deux structures, problème dont la solution n'est guère facilité par l'extrême rareté des affleurements aux environs immédiats de Saint-Michel-des-Andaines.

2.7. *ENTRE BAGNOLES DE L'ORNE ET LA CONCESSION DE L'ERMITAGE.*

2.7.1. Entre Bagnoles et la vallée de la Cour

A l'Est de la terminaison périclinale — au niveau du contact entre le grès culminant et les schistes siluriens de l'anticlinal (A), les assises forment une série monoclinale nette jusqu'au Silurien; dans ce dernier, les replis anticlinaux et synclinaux précédemment mis en évidence passent inaperçus à l'observation.

L'ensemble primaire est limité, au Nord, par le Briovérien, le long duquel on observe, de place en place, des panneaux de grès armoricain.

Ces panneaux de grès ont été à la base d'interprétations tectoniques diverses, et il convient d'examiner avec plus de précision leurs caractères géométriques, en relation avec des accidents transversaux dont la direction générale nous est déjà connue (fractures de Bagnoles).

Entre Saint-Michel-des-Andaines et la vallée transversale du ruisseau de La Ferté-Macé, on peut distin-

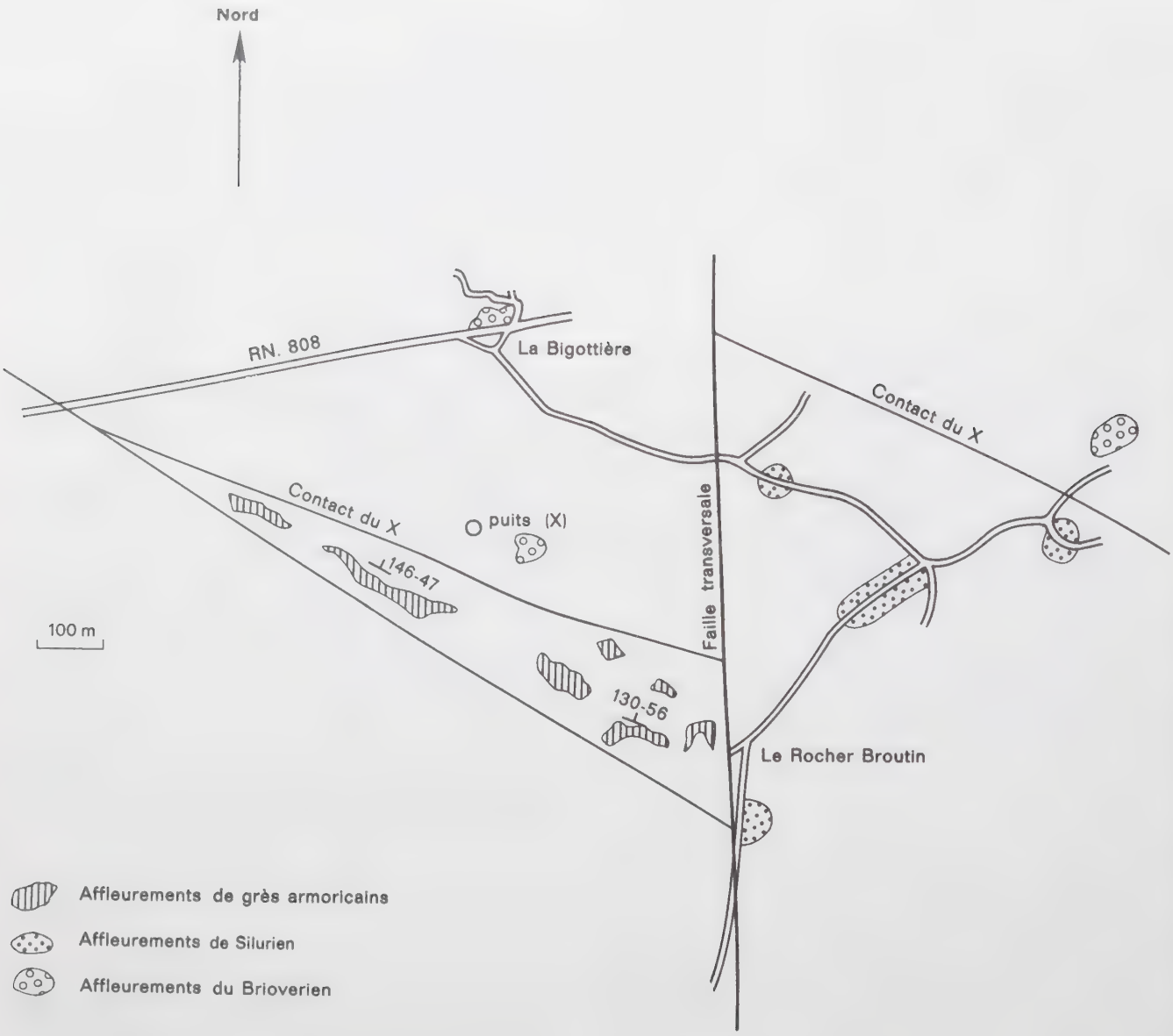


FIG. 29. — Carte des affleurements du Rocher Broutin.

guer plusieurs de ces panneaux de grès armoricain, d'Est en Ouest :

- grès armoricain du Rocher Broutin (4, 181, 97) ;
- grès armoricain du Rocher Marie (4, 171, 88) ;
- grès armoricain de la Tuilerie (4, 163, 77).

2.7.1.1. Grès armoricain du Rocher Broutin.

Les deux dernières éditions de la feuille Alençon les décrivent comme isolés de toutes parts au sein des schistes siluriens. Cette observation est inexacte. En effet, leurs affleurements décrivent une bande allongée sur 900 m environ, dirigée à 140 gr environ sur le Nord, et large d'une centaine de mètres en moyenne.

Si, effectivement, les schistes siluriens affleurent au Sud du grès armoricain, on ne rencontre au Nord que le Briovérien, comme en font foi les déblais d'un puits creusé à 250 m au Sud de la Bigottière (4, 184, 100), c'est-à-dire à 50 mètres à peine au Nord des derniers affleurements de grès armoricain.

Vers l'Ouest, la largeur de la bande de grès se réduit et la RN 808 coupe simplement un contact Briovérien-Silurien.

Vers l'Est, les affleurements de grès s'interrompent brutalement, au-dessus de la ferme du Rocher Broutin, le long d'une ligne orientée N-S.

Enfin, les pendages observés au sein du grès se sont montrés variables de 45 à 50 gr vers le Nord-Est.

L'hypothèse la plus simple dérivant de ces observations est celle qui fait de ce grès un panneau compris entre deux failles longitudinales, panneau limité à l'Est par une faille transversale du système des failles de Bagnoles, cette faille transversale rejetant de 600 mètres environ vers le Nord, la trace sur la surface topographique du contact entre le Primaire et le Briovérien.

La figure 29 représente la distribution des affleurements du grès armoricain, du Briovérien et du Silurien.

2.7.1.2. Grès armoricain du Rocher Marie (fig. 30).

Une importante faille transversale, dont la direction est différente de celles de toutes les autres failles du système de Bagnoles, vient interrompre la continuité des assises primaires à l'Est de Bagnoles. Elle est dirigée N 50°, et est, de ce fait, sensiblement parallèle à la RN 816 La Ferté-Macé - Bagnoles, qu'elle longe à 100 m environ à l'Est.

Cette faille forme la limite occidentale des affleurements de grès armoricain du Rocher Marie. Plus au Nord-Est, elle semble se continuer vers le passage à niveau des Ténières (4, 168, 92), au-delà duquel elle longe la base de la colline des Nouvelles (4, 168, 100) avant de suivre le cours du ruisseau de La Ferté-Macé au Sud-Est de la ville.

A l'Ouest de cette faille, le contact entre le Briovérien et le Silurien correspond sensiblement à la route des Ténières à la Bigottière.

Les observations sont beaucoup moins faciles à l'Est de la faille, où d'épais limons, au Nord du Rocher Marie, interdisent toute observation directe.

Au Rocher Marie, le grès armoricain constitue deux lignes d'affleurement, toutes deux orientées à N 150 environ, parallèles, et distantes de 100 m.

La bande de grès septentrionale, large de 50 m à peine, nous montre le grès armoricain affecté d'un pendage de 30 gr vers le Nord-Est.

La bande méridionale (100 m de largeur) est entaillée par des carrières nous permettant d'observer des pendages moyens (25 à 60 gr) et des directions de couches se rapprochant de plus en plus d'une direction N-S au fur et à mesure que l'on se rapproche de la faille limitant à l'Ouest les affleurements gréseux, comme l'indique la carte d'affleurements de la figure 26 et confirmant un rejet horizontal vers le Nord du compartiment ouest.

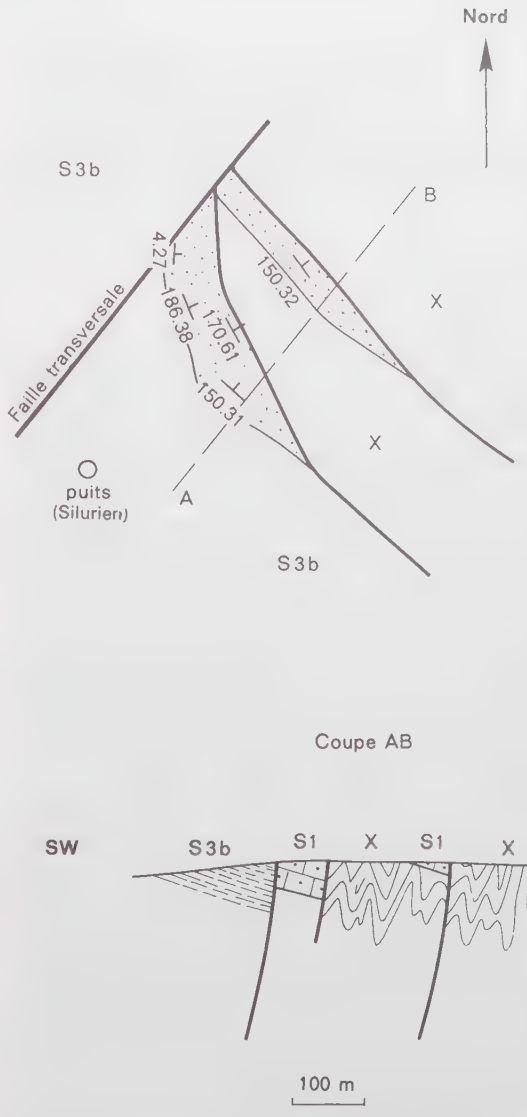


FIG. 30. — Le Rocher Marie, plan des affleurements et coupes.

Dans ces conditions, il est logique de poser comme hypothèse que le grès armoricain du Rocher Marie constitue la limite septentrionale de l'ensemble primaire.

2.7.1.3. Grès armoricain de la Tuilerie.

Entre le Rocher Marie et la Tuilerie, on ne note pas à proprement parler d'affleurements de grès armoricain, mais plusieurs zones (le Désert - 4, 170, 83) où de gros blocs de grès apparaissent dans les prés sans qu'on puisse toutefois affirmer s'ils sont en place.

A la Tuilerie, on retrouve, comme au Rocher Marie,

une double bande d'affleurements de grès armoricain, interrompue à l'Est par une faille transversale N-S, analogue à la faille du Rocher Broutin, et dont on retrouve les effets à l'extrémité sud de la structure primaire où elle décale les assises un peu à l'Ouest de la route de La Ferté-Macé à Antoigny.

2.7.2. Coupe de la vallée de la Cour

La légère convergence, vers le Sud-Est, de la direction générale des assises et de la direction de la trace sur la surface topographique de la faille limite septentrionale, entraîne la réduction progressive de la largeur d'affleurements des schistes siluriens, terme ultime du monoclinal : au Sud de la Tuilerie, le grès armoricain du panneau est au contact du grès culminant du monoclinal.

On note en même temps l'inversion de la direction du plongement des axes de plissement. Alors qu'à Saint-Michel-des-Andaines, les contacts périsynclinaux décrivaient des courbes tournant leur convexité vers l'Ouest, on remarque à l'Est du Rocher Esnaut (5, 148, 73) la courbe périsynclinale que décrit le contact schistes supérieurs - grès culminant : tournant sa convexité vers l'Est, l'on a, à ce niveau stratigraphique, la terminaison périclinale du synclinal (S) précédemment mis en évidence.

La coupe naturelle de la vallée de la Cour, à 1 km environ à l'Est du méridien de la Tuilerie, permet d'apprécier la structure : synclinal simple (S) dont le flanc sud est parfaitement régulier, jusqu'à la base du grès armoricain au Pissot (5, 156, 55), et dont le flanc nord est rapidement tronqué par la faille limite.

Le ruisseau de La Ferté, empruntant cette cluse, entaille toutes les assises à peu près perpendiculairement; la cluse est déterminée par une faille transversale dont le rejet, compensant la surélévation des axes vers l'Est tend à abaisser son comportement oriental.

2.7.3. A l'Est de la vallée de la Cour (fig. 31 a)

La largeur d'affleurements de la bande de terrains primaires, réduite à moins de 2 500 m à la Tuilerie, augmente progressivement vers l'Est grâce au jeu de failles transversales successives, failles généralement N-S ou N 10 à N 15.

A la faveur de cet élargissement, on retrouve au Nord du synclinal (S), l'anticlinal (A), déterminant le surgissement des grès de May au Rocher Esnaut, au milieu des schistes supérieurs. Ces grès de May sont limités à l'Est par une petite faille transversale por-

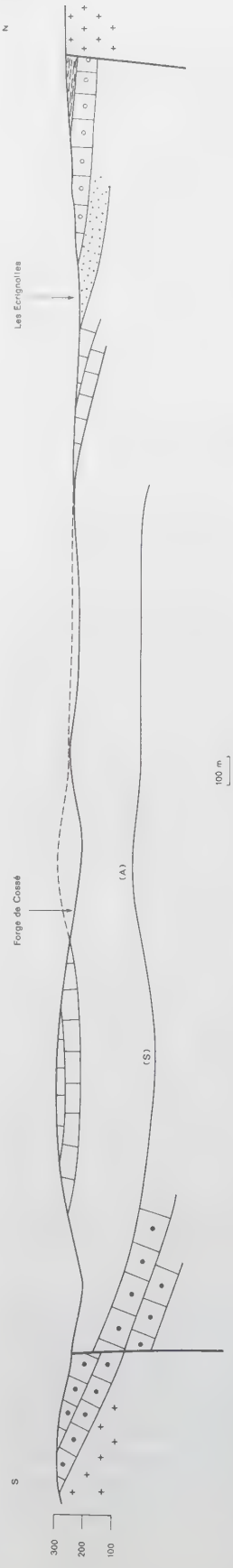


Fig. 31 b. — Coupe Nord-Sud à l'Est de Saint-Patrice-du-Désert.

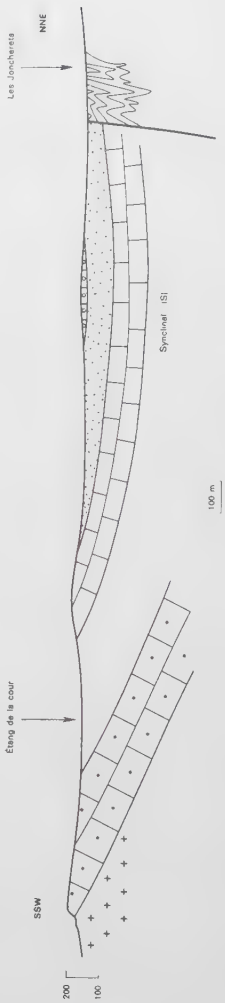


Fig. 31 a. — Coupe à l'Est de la vallée de la Cour.

tant à l'affleurement les schistes supérieurs à l'aplomb de l'axe anticlinal.

Cette structure va maintenant caractériser tout l'ensemble primaire, jusque, et, à l'intérieur de la concession de l'Ermitage.

La rivière la Gourbe, entre les gorges de Villiers (5, 142, 49) et Saint-Patrice-du-Désert, traverse successivement du Sud au Nord :

— le grès armoricain (gorges de Villiers) à pendage modéré (20 à 30 gr) vers le Nord-Est;

— les schistes à Calymènes, déterminant la dépression de La Chapelle-Saint-Antoine (5, 133, 50);

— les grès de May, constituant le cœur du synclinal (S), puisqu'à l'Ouest de la Forge de Cossé (5, 120, 56), on retrouve les schistes à Calymènes : ces schistes à Calymènes forment ici le cœur de l'anticlinal (A); on peut les observer, parfaitement horizontaux, dans le petit chemin descendant de la ferme des Champs Ferrés au Nord (5, 126, 64), vers le Gué des Mares (5, 127, 54), au Sud : aux Champs Ferrés, on retrouve les grès de May du flanc nord de l'anticlinal (A). Au Nord des Champs Ferrés, un épais manteau de limons masque les affleurements jusqu'au voisinage de la route de La Ferté-Macé à Lignières. Il semble toutefois que le contact entre le Primaire et le granite se trouve à proximité de cette route, puisque les collines entre Magny-le-Désert et La Motte-Fouquet sont déterminés par le granite et que des schistes siluriens ont été rencontrés au fond d'un puits un peu au Nord de la Basse-Mélière (5, 128, 82).

Il semble de plus que le flanc nord de l'anticlinal (A) possède un pendage général très faible, puisque les schistes à Calymènes affleurent encore à 500 m au Nord de Saint-Patrice-du-Désert, le contact entre ces schistes et les grès de May suivant presque une courbe de niveau sur la rive droite de la Gourbe.

Enfin, un affleurement de schistes supérieurs, aux Ecrignolles (5, 117, 79), schistes surmontés par le grès culminant, affleurant un peu au Nord du village sur la rive gauche de la Gourbe (pendage 20 gr), permet d'interpoler la monoclinalité des assises entre les grès de May des Champs Ferrés et les schistes siluriens de la Basse-Melière.

La figure 31 b résume ces observations.

2.8. *A L'EST DE SAINT-PATRICE-DU-DÉSERT : LA CONCESSION DE L'ERMITAGE.*

La zone de la concession de l'Ermitage, entre Saint-Patrice-du-Désert à l'Ouest et la route de Lignières à Couptrain à l'Est, est caractérisée par :

- l'existence de failles transversales, N-S, ou N 50, entraînant d'importants décrochements horizontaux;
- la persistance de la structure synclinale - anticlinale que l'on suit depuis Saint-Michel-des-Andaines;
- l'existence d'un important manteau de sédiments éocènes, au Nord, qui ne permet pas d'apprécier l'extension septentrionale de la structure mise en évidence plus au Sud, en particulier grâce aux travaux miniers.

2.8.1. Les failles transversales

La plus occidentale d'entr'elles, sensiblement dirigée N-S, rejette de 1 200 m environ vers le Nord la trace sur la surface topographique du contact entre grès armoricain et granite, au Sud de la structure primaire. Ce décalage se poursuit tout au long de la trace de la faille, puisque en face des schistes à Calymènes qui constituent, au compartiment ouest, le cœur de l'anticlinal (A), on trouve au compartiment est les schistes à Calymènes du flanc sud du synclinal (S). (Cette coïncidence explique dans une certaine mesure l'erreur commise par les auteurs de la 1re édition de la feuille Alençon qui faisaient, des grès de May de la forêt de la Motte, une série de grès armoricain en structure anticlinale). Le rejet horizontal de cette faille peut être mesuré par la distance séparant les plans verticaux de l'axe synclinal (S) de part et d'autre de la faille; on trouve environ 1 200 m. Il semble qu'il existe de plus un certain rejet dans le sens vertical, puisque l'anticlinal (A) porte à l'affleurement les grès de May au compartiment est et les schistes à Calymènes au compartiment ouest. A 2 km environ à l'Est, une seconde faille, de direction NE-SW, joue en sens inverse de la précédente, puisque le grès armoricain de son compartiment oriental est rejeté d'environ 1 000 m vers le Sud. Ces deux failles isolent une sorte de triangle, dont la structure est bien connue grâce aux travaux de recherche de minerai de fer.

2.8.2. Structure de la concession de l'Ermitage

(fig. 32 a)

L'essentiel de la structure réside dans la présence du synclinal (S), marqué dans le relief par les grès de May de la colline de l'Ermitage (5, 80, 53), relief séparant deux zones déprimées :

— au Sud, la vallée du ruisseau de Saint-Ursin, creusée dans les schistes à Calymènes du flanc sud du synclinal (S);

— au Nord, la dépression de l'Etang de la Vie (5, 87, 62), où affleurent les schistes à Calymènes de l'anticlinal (A).

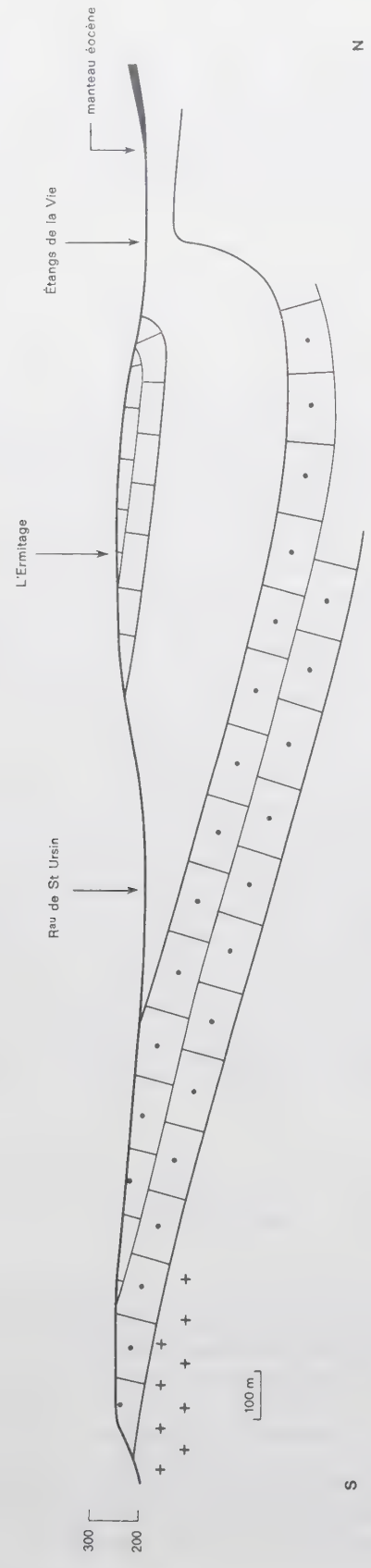


FIG. 32 a. — Coupe à travers la concession de l'Ermitage.

L'anticlinal (A) voit sa terminaison périclinale, au niveau du contact entre les schistes à Calymènes et les grès de May, peu à l'Ouest du Fourneau de la Vie, où la courbe périclinale se traduit dans le relief par le rivage occidental de l'Etang dont la convexité se tourne vers l'Ouest.

La colline de l'Ermitage (grès de May) se termine vers l'Est par un arrondi bien net, au-dessus de la ferme de la Gouyeterie (5, 78, 55), traduisant ainsi la courbe périsynclinale que décrit sur la surface topographique le contact entre les schistes à Calymènes et les grès de May.

Les recherches minières ajoutent plus de précision à la géométrie de ces traits structuraux : alors qu'au flanc nord de la vallée du ruisseau de Saint-Ursin, les couches minéralisées possèdent un pendage modéré vers le Nord (30 gr environ), les sondages entrepris au Nord de la colline de l'Ermitage ont démontré l'existence des mêmes niveaux minéralisés, mais cette fois-ci affectés d'un très fort pendage (65 à 80 gr) au flanc sud de l'anticlinal (A).

2.8.3. Le manteau éocène

Il couvre d'une façon uniforme une vaste étendue, allongée sur 6 km environ, du village des Ecrignolles à l'Ouest jusqu'à l'Etang de Cadin (5, 64, 58) à l'Est. La largeur d'affleurement de l'éocène excède 1 500 m.

Il s'agit de sables, mêlés de niveaux d'argile. Les sables sont fréquemment agglutinés, déterminant des blocs de grandes dimensions (parfois plusieurs m^3).

La puissance de ce manteau interdit toute observation directe du socle primaire sous-jacent : à la ferme de la Noé (5, 78, 60), un sondage destiné à reconnaître la formation est resté pendant 14 m dans un sable blanc et fin. Dans ces conditions, il est impossible d'apprécier la structure de toute la partie septentrionale de la concession de l'Ermitage, la limite méridionale de l'éocène correspond au rivage nord de l'Etang de la Vie, c'est-à-dire aux schistes à Calymènes du flanc nord de l'anticlinal (A).

2.9. *A L'EST DE LA CONCESSION DE L'ERMITAGE : LA « TERMINAISON PÉRICLINALE » DE L'ENSEMBLE PRIMAIRE.*

Les pendages des diverses assises primaires tendent à diminuer considérablement à l'Est de la concession de l'Ermitage, et les surfaces d'affleurement des différents niveaux prennent de ce fait une extension très importante. Comme les directions, d'une part des

assises primaires, sensiblement E-W dans cette zone, d'autre part de la faille limite septentrionale, NW-SE, tendent à converger vers l'Est, il s'ensuit que la structure se réduit progressivement d'un monoclinal à 3 termes jusqu'à un simple panneau de grès armoricain à l'extrémité orientale de la forêt de Monaye.

D'autre part, le contact septentrional entre le Primaire et le granite (faille-limite) est marqué en de nombreux endroits par des panneaux entre failles de grès armoricain.

2.9.1. Le monoclinal

Au Sud-Ouest de Lignières-la-Doucelle, le long de la route de Couptrain à Lignières, on rencontre successivement du Sud au Nord :

— le grès armoricain, à la Croix Guillaume (5, 82, 26), dont le pendage moyen, mesuré d'après la largeur de l'affleurement, n'excède guère 10 gr;

— les schistes à Calymènes, déterminant la dépression drainée par le ruisseau du Gai Chartier;

— les grès de May, que l'on suit, au sortir de la dépression, jusqu'à la Vacherie (5, 45, 53), où ils sont en contact avec le granite. Les travaux miniers, à la base de la série des grès de May, décèlent un faible pendage de quelques grades vers le Nord.

Il s'agit donc d'un simple monoclinal à 3 termes, à faibles pendages.

Au Sud de Lignières, les grès de May ont disparu et les schistes à Calymènes viennent buter contre le granite le long de la faille limite.

Enfin, un peu à l'Est de la route de Lignières à Pré-en-Pail, on peut observer la coupe suivante (fig. 32 b) :

- au Sud, sur la rive méridionale du ruisseau du Gai Chartier, le grès armoricain, dirigé E.NE (70 à 100 gr) et à faible pendage (10 à 20 gr) nord-ouest;
- au fond de la vallée, les schistes à Calymènes;
- au flanc nord de la vallée, de nouveau le grès armoricain, dirigé SE (120 à 150 gr) et à pendage nord-est (20 gr).

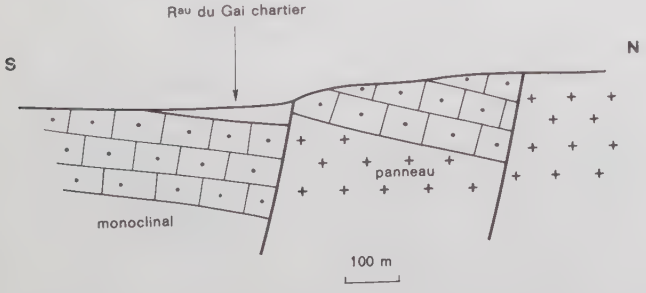


FIG. 32 b. — Coupe à l'Est de la route Lignières. Pré-en-Pail.

Un peu plus à l'Est, les deux masses de grès armoricain sont en contact, près de la Paquerie (5, 23, 42), après disparition des affleurements de schistes à Calymènes : le monoclinal est donc réduit, ici, à un simple panneau de grès armoricain, que limite, au Nord, un second panneau d'orientation et de pendage différents, limité lui-même au Nord par la faille portant le granite à l'affleurement.

2.9.2. Les panneaux de grès armoricain de la limite septentrionale

On note un certain nombre de ces panneaux entre La-Roche-d'Orgères à l'Ouest de Lignières, sur la route de La-Ferté-Macé, et l'extrémité orientale de la structure primaire.

A la Roche-d'Orgères (5, 64, 68), le grès armoricain affleure au Nord du manteau éocène; il est en contact avec le granite. Son pendage est d'environ 20 gr et sa direction N 110.

On retrouve le grès armoricain au Sud de l'Etang de Cadin, de l'autre côté d'une importante faille transversale rejetant de 700 m environ vers le Sud la trace sur la surface topographique de la limite septentrionale de l'ensemble primaire. Cette faille semble prolonger celle qui limitait à l'Est la zone de la concession de l'Ermitage, sans que des observations continues puissent appuyer cette hypothèse (du fait de l'existence du recouvrement éocène).

Le grès armoricain constitue encore le petit relief de la cote 293 (5, 57, 59) à l'Ouest de la route Lignières-Couptrain; au-delà vers l'Est et jusqu'à la route de Pré-en-Pail, le granite est directement en contact avec le monoclinal de la forêt de Monaye.

A l'Est de la route de Pré-en-Pail, enfin, un dernier panneau, de grande extension, vient limiter au Nord la structure primaire. Et si le pendage des grès de ce panneau est du même ordre de grandeur que celui des grès du monoclinal avec lequel il est en contact, l'orientation des couches permet sans hésitation de différencier les deux masses gréseuses.

2.9.3. La limite orientale de la structure primaire

Il semble qu'elle soit constituée par une faille transversale surélevant son compartiment est, orientée SW-NE et passant par le Moulin-du-Tilleul (5, 13, 32). En effet, les grès grossiers et poudingiques qui marquent la base du grès armoricain, au Sud de la forêt de Monaye, ne se retrouvent plus à l'Est de la forêt, où l'on passe du grès armoricain fin au granite : la faille SW-NE interrompt donc les grès du monocli-

nal, en même temps que ceux du panneau septentrional, formant ainsi l'extrême limite orientale de la structure primaire.

3. — *STRUCTURE DU SYNCLINAL DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS*

3.1. *ENTRE LA FORÊT D'ANDAINE ET LA CONCESSION DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

En examinant le problème du raccord des structures de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs, nous avons mis en évidence, au Nord de la faille directionnelle limitant le synclinal de Domfront, un premier synclinal (S) puis un anticlinal (A).

Nous avons également démontré que la faille directionnelle d'effondrement était relayée, à l'Est de Saint-Michel-des-Andaines, par une faille N-S (faille n° 1 du champ de fractures de Bagnoles-de-l'Orne - Saint-Michel-des-Andaines).

Ces deux failles délimitent un quadrant nord-ouest, dont les assises constituent le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs.

3.1.1. Coupe par le Mont en Gérôme

Une coupe orientée du Sud-Ouest au Nord-Est, et passant par le sommet du Mont-en-Gérôme (cote 300) (4, 242, 131) permet de définir les éléments de la structure (fig. 33 a).

Au Sud-Est, dominant la dépression briovérienne de l'Etang du Château de l'Ermitage, une longue ligne de crêtes, culminant à plus de 300 m, et orientée sensiblement N 180, est déterminée par le grès armoricain : celui-ci est affecté d'un faible pendage (15 gr) vers le Nord-Est.

Au Nord-Est de cette crête, une dépression, drainée par le ruisseau de Mousse, correspond aux schistes à Calymènes reposant sur le grès armoricain.

Une seconde crête parallèle aux hauteurs du Mont-en-Gérôme, et qui suit la route de Saint-Michel-des-Andaines à la Lande Menue (4, 253, 158), est déterminée par les grès de May.

Au-delà vers le Nord-Est, on rencontre les schistes supérieurs, puis le grès culminant qui affleure à la ferme de Prise-Fait; sa direction est N 180, son pendage 25 gr vers le Nord-Est.

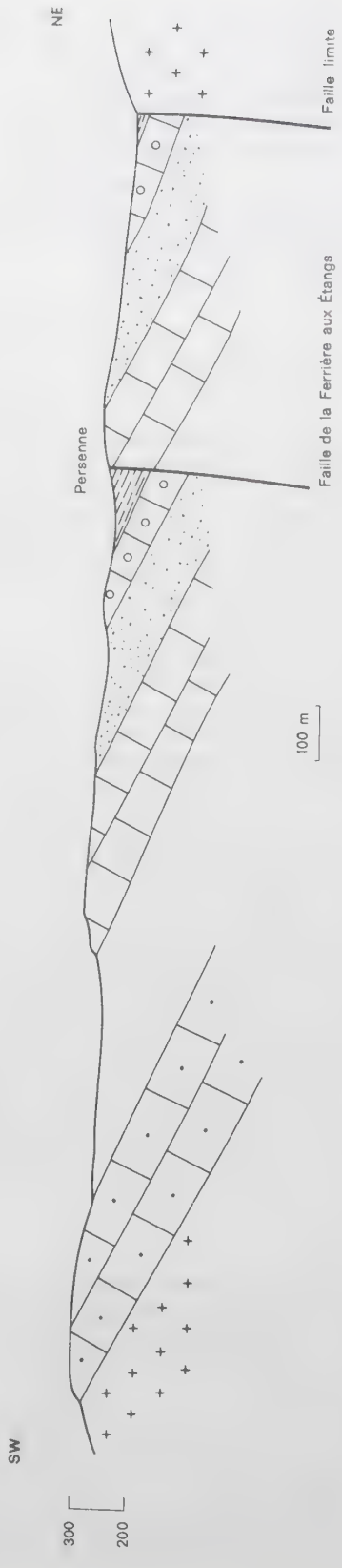


FIG. 33 b. — Coupe NE-SW par la ferme de Persenne.

Un puits, au Nord-Ouest de Prise Fait (4, 223, 133) au pied du relief de grès culminant, nous montre la présence des schistes siluriens couronnant le grès.

Or, au-delà des schistes siluriens, vers le Nord-Est, une deuxième barre de grès culminant domine la large dépression de la vallée de la Vée, dépression déterminée par des schistes siluriens, et montre l'existence d'une faille directionnelle, orientée N 170 environ. En effet, le grès culminant de cette deuxième barre a un pendage nord-est, tout à fait conforme à celui du grès de Prise-Fait.

La structure est donc simple : il s'agit d'un monoclinal à pendage nord-est modéré, divisé par une faille directionnelle remontant son compartiment nord-est, et de rejet légèrement supérieur à 100 mètres.

Les schistes siluriens de la vallée de la Vée buttent au Nord-Est contre le granite par l'intermédiaire d'une faille directionnelle qui va limiter le Primaire, au contact du granite, jusqu'au Nord de la concession de La Ferrière-aux-Etangs.

La faille directionnelle médiane (faille de La Ferrière-aux-Etangs) va, elle aussi, se suivre jusqu'à La Ferrière-aux-Etangs, découpant constamment l'ensemble primaire en deux séries monoclinales.

3.1.2. Coupe par la ferme de Persenne (4, 253, 168), 3 km au Sud-Est de La Ferrière-aux-Étangs (fig. 33 b)

Cette coupe nous montre la constance de la structure précédemment décrite (faille directionnelle séparant deux ensembles monoclinaux) :

— le monoclinal sud-ouest reste, entre la Forêt-d'Andaine et La Ferrière-aux-Etangs, très constant, tant en orientation qu'en pendage moyen;

— le monoclinal nord-est voit sa largeur considérablement réduite, puisque de plus de 1 000 m au Mont-en-Gérôme, elle n'est plus que de 600 à 700 m; ce rétrécissement est dû à la légère convergence des directions générales de la faille de La Ferrière-aux-Etangs et de la faille limite;

— la faille de La Ferrière-aux-Etangs possède, ici, un rejet nettement supérieur à ce qu'il était plus au Sud-Est; mettant en contact les schistes siluriens, au Sud-Ouest et le grès de May au Nord-Est, son rejet est supérieur à 300 m.

3.2. *STRUCTURE DE LA CONCESSION DE LA-FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

Trois traits structuraux principaux caractérisent la concession de La Ferrière-aux-Etangs :

— « l'accident du puits » : deux panneaux monoclinaux, au Sud et au Nord du puits d'extraction, à pendage modéré (30 à 40 gr) se raccordent par l'intermédiaire d'un panneau où les assises sont verticales et parallèles à un plan orienté sensiblement E-W; les plans de la faille de La Ferrière-aux-Etangs et de la faille limite sont également affectés par cette torsion.

Cet accident s'accompagne de petits plissements satellites, déterminant des sortes de gouttières synclinales d'axe E-W au sein de la couche minéralisée;

— les failles NW-SE : faille limite et faille de La Ferrière-aux-Etangs;

— une série de failles inverses, de direction générale E-W, à rejets fort variables.

3.2.1. L'accident du puits et les failles NW-SE

La figure 34 montrant, en projection sur un plan horizontal, la trace de la couche minéralisée aux différents niveaux, résume parfaitement le phénomène.

Tout se passe comme si les deux panneaux monoclinaux étaient séparés par une faille verticale E-W, mais il n'y a pas interruption de la continuité des assises.

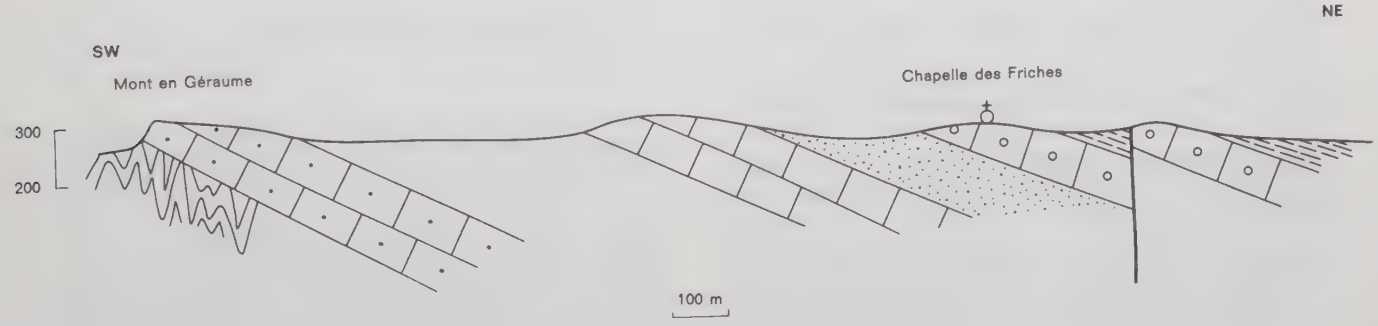


Fig. 33 a. — Coupe SW-NE par le Mont-en Gérôme.

FIG. 34. — Projection sur un plan horizontal des différents niveaux de la couche de minerai.

Il est possible d'évaluer le rejet correspondant à cette « pseudo-faille »; en effet, les plans des failles NW-SE subissent une torsion analogue, quoique plus faible; il suffit de considérer les traces sur le plan de « faille », du contact de la couche minéralisée et de la faille de La Ferrière-aux-Etangs : leur distance nous permet de déterminer les deux composantes — horizontale et verticale — du rejet dans le plan de « faille ». Effectivement, si R est le rejet horizontal d'un niveau quelconque de la couche de minerai, et r le rejet horizontal de la trace sur la surface topographique de la faille de La Ferrière-aux-Etangs, les composantes du rejet de l'accident du puits sont :

r pour la composante horizontale

$(R - r)\ \mathrm{tg}\ \alpha$ pour la composante verticale

α représentant l'angle du pendage des assises monoclinales.

Les données de la carte géologique sont les suivantes :

$R = 200$ m, $r = 50$ à 70 m, $\alpha = 35$ gr soit $\mathrm{tg}\ \alpha = 0{,}58$ d'où les limites dans lesquelles peuvent varier les composantes du rejet :

Composante horizontale	*Composante verticale*
50 m vers l'Ouest	90 m vers le bas
70 m vers l'Ouest	75 m vers le bas

Les « accidents » satellites.

Ils sont extrêmement bien développés dans la partie septentrionale de la concession de La Ferrière. Il s'agit de plis souvent aigus, d'axe E-W, déterminant le long d'une horizontale de la couche de minerai des sinuosités accentuées : la résultante générale de ce système de plis a le même effet que le grand accident du puits. Elle réduit considérablement, vers le Nord-Ouest, la largeur d'affleurement du Primaire, entre le grès armoricain et la faille limite au granite. Cette largeur, supérieure à 2 000 m dans la partie sud de la concession, n'est plus que de 1 000 m au Nord de l'accident du puits, et de 500 m au village de La Ferrière-aux-Etangs.

Ceci revient à dire que la profondeur maximale du synclinal primaire diminue du Sud-Est au Nord-Ouest : l'accident du puits et les accidents satellites jouent le rôle de failles d'effondrement abaissant leur compartiment sud-est.

3.2.2. Les failles inverses

Leur direction est E-W et elles se retrouvent de façon constante aussi bien dans la partie sud de la concession qu'au Nord du puits Pralon.

3.2.3. La limite nord-ouest de l'ensemble primaire

La faille limite au Nord-Est se trouve relayée, au Nord de La Ferrière-aux-Etangs, par une faille de direction différente, orientée sensiblement N 120 à N 130, et qui forme la limite septentrionale du massif granitique de la Coulonche. La convergence de cette nouvelle direction et de celle des assises primaires entraîne la disparition de celles-ci, au Nord de la ferme de Pic Louvette.

3.3. *LE SYNCLINAL D'HALOUZE.*

Par définition, nous appellerons ainsi l'ensemble des terrains du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs inclus dans le périmètre de la concession d'Halouze, ainsi que le grès armoricain et les schistes à Calymènes de la rive gauche de la Varenne qui sont séparés du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs par un intervalle d'un kilomètre environ, le long duquel la faille de direction N 130 met en contact le granite au Nord-Est et le Briovérien au Sud-Ouest.

La structure du synclinal d'Halouze est entièrement conditionnée par :

- des plis accusés dont les axes ont une direction N 100 à N 110;
- des failles verticales de même direction, limitant au Nord le Primaire, s'accompagnant, près de la Varenne, de failles de direction N 150 à N 180;
- des failles verticales de direction E-W;
- des failles transversales N 15 à N 30 entraînant des rejets verticaux et horizontaux importants.

3.3.1. A l'Est de la vallée de la Varenne

(fig. 35)

Le long de la route de Banvou à Flers, au Nord-Est de la ferme de Ménil-Cloud (3, 291, 211), on observe, au-delà du Briovérien :

— le grès armoricain, orienté N 150, affecté d'un pendage assez fort (15 gr);

— reposant sur ce grès, les schistes à Calymènes, avec le minerai de fer interstratifié à la base de la série.

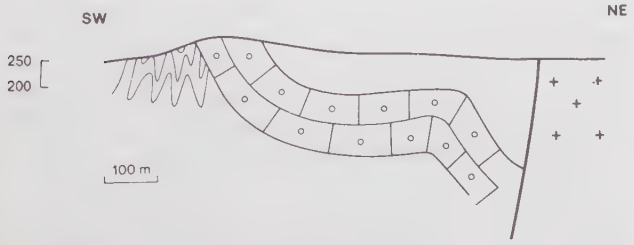


FIG.35. — Coupe à l'Est de la vallée de la Varenne.

Au Nord-Est, enfin, les schistes à Calymènes sont en contact avec le granite, le long d'une faille de direction N 120, c'est-à-dire parallèle à la faille limite du synclinal de La Ferrière au Nord de la concession.

Vers l'Est, le Primaire semble limité par une faille N 170, relevant son compartiment nord-est.

Vers l'Ouest, le grès armoricain constituant la limite méridionale du Primaire prend, au Nord de Ménil-Cloud, une orientation E-W puis N 170. Au bord de la Varenne, il reprend sa direction primitive (N 140 environ).

Enfin, la vallée de la Varenne correspond au passage d'une faille transversale orientée sensiblement N 25 à N 30.

Il ressort de ces observations qu'à l'Est de la Varenne, les assises primaires décrivent une double ondulation synclinale et anticlinale, le flanc nord de l'anticlinal étant limité par une faille longitudinale de direction N 140.

Nous allons retrouver cette structure à l'Ouest de la Varenne; elle va caractériser le synclinal d'Halouze jusqu'à son extrémité occidentale, à Larchamp.

3.3.2. Coupes le long de la vallée de la Varenne et de la route du Chatellier à Flers

Lorsque l'on remonte le cours de la Varenne, on remarque sur la rive droite un premier ensemble de grès armoricain, dont le pendage est voisin de 20 gr vers le Sud. Au Sud de ce grès affleurent les schistes briovériens.

Ce grès armoricain fait place, vers le Nord, à des grès de May, toujours affectés d'un pendage sud, faible.

D'une part, on peut noter l'absence des schistes à Calymènes entre les deux masses gréseuses; d'autre part, le grès armoricain disparaît, vers l'Ouest, puisque le long de la route du Chatellier à Flers, le Briovérien est directement en contact avec les grès de May. Le grès armoricain est limité, au Nord, par une faille dont l'orientation est rigoureusement E-W.

Ce n'est qu'au Nord de cette dernière faille que se développe complètement la série primaire; cette série est caractérisée par des pendages sud : 40 gr dans les grès de May, 30 gr dans les schistes supérieurs qui leur font suite vers le Nord, et qui affleurent dans les fondations du château d'eau du Chatellier (3, 304, 220).

Elle se termine par les schistes siluriens qui affleurent près de la ferme de l'Epine Verte (3, 307, 224) et qui sont en contact avec le Briovérien, le long d'une faille dont la trace sur la surface topographique est orientée N 130 à N 140 (fig. 36 a). La structure définie par des pendages sud et des terrains de plus en plus récents du Sud au Nord représente donc une série inversée. Or, le long de la Vallée de la Varenne, la coupe est toute différente : au-delà des grès de May qui faisaient suite au grès armoricain par l'intermédiaire de la faille E-W, on rencontre les schistes supérieurs de la série inversée précédemment mise en évidence; ces schistes supérieurs font place aux schistes à Calymènes, subverticaux puis au grès armoricain également subvertical. Ces deux dernières assises sont séparées par le niveau de minerai, dont la trace est jalonnée par d'anciennes exploitations. Il existe donc entre les schistes supérieurs et les schistes à Calymènes une importante faille remontant son compartiment nord; cette faille est orientée N 150 à N 170.

Enfin, le grès armoricain constituant la limite septentrionale du Primaire, repose sur le granite; le contact, visible le long du cours de la Varenne, dans

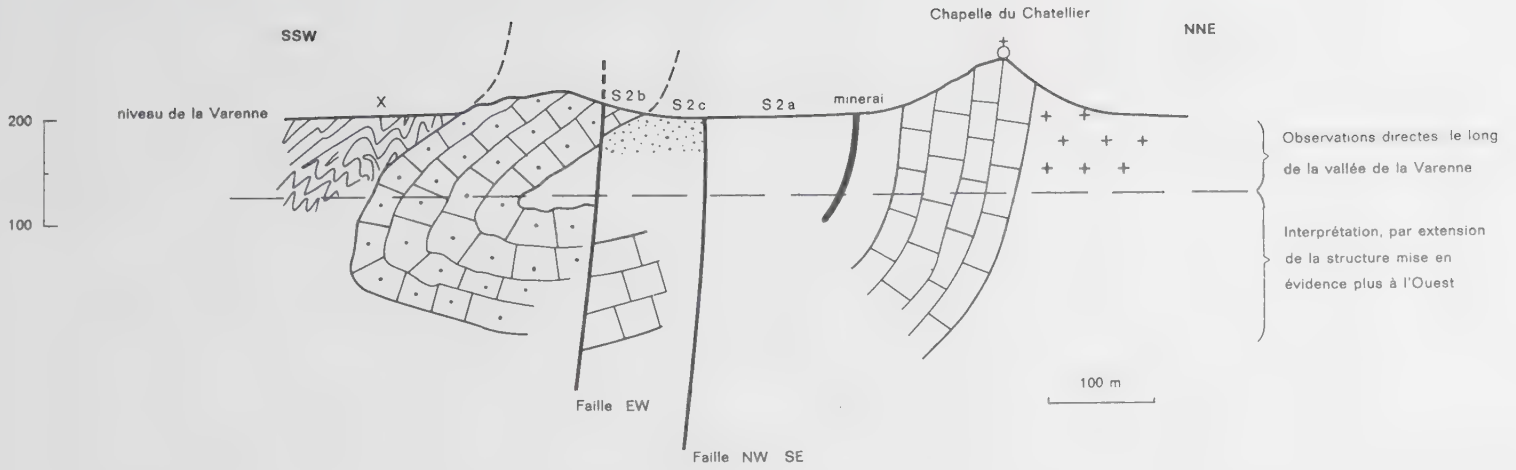


FIG. 36 b. — Coupe le long de la vallée de la Varenne.

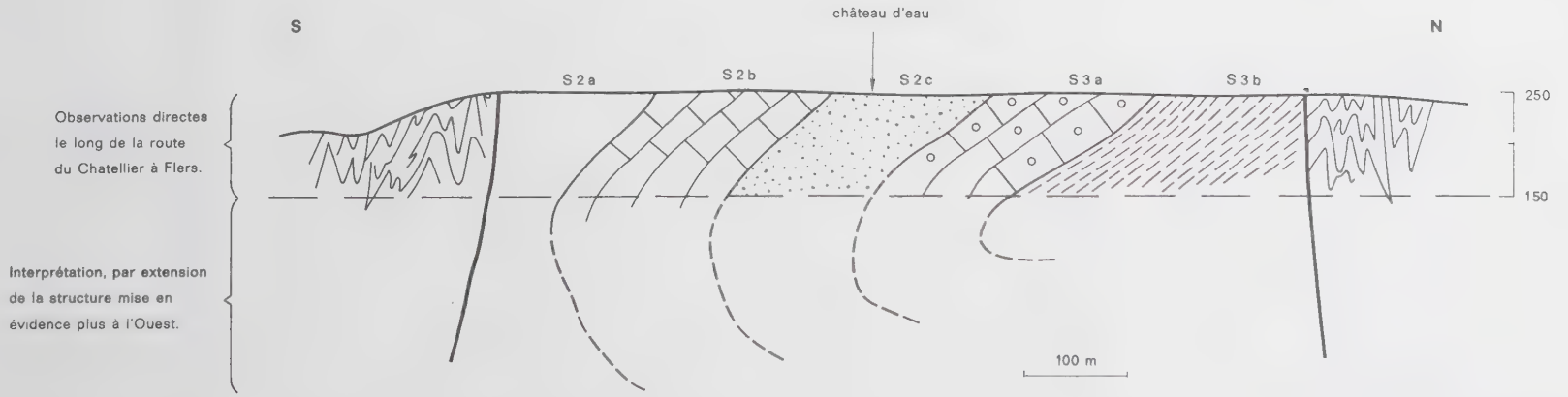


FIG. 36 a. — Coupe le long de la route du Chatellier à Flers

la carrière la plus septentrionale, est subvertical (fig. 36 b). Les deux coupes mettent en évidence :

— l'existence de failles orientées selon trois directions : N 150 à N 170, N 130 à N 140, N 100;

— l'existence de plis accentués, allant jusqu'à l'inversion de la série primaire.

Ces caractères vont rester constants à l'intérieur de toute la concession d'Halouze et les travaux miniers vont nous permettre d'observer le mécanisme des plissements ayant entraîné l'inversion de la série primaire.

3.3.3. Exploitations d'Halouze

Les travaux miniers d'Halouze sont localisés au centre de la concession, sensiblement à mi-distance entre la Varenne et la terminaison occidentale de l'ensemble primaire à Larchamp.

Les observations qu'on peut y effectuer permettent de préciser la structure esquissée plus à l'Est, dans la région de la Bocagerie (3, 315, 217) et le long de la Varenne.

La limite méridionale du Primaire est constituée, à Halouze, par le grès armoricain subvertical ou parfois même à pendage sud.

La couche minéralisée, dont les affleurements, jalonnés par les anciens travaux, se situent à une trentaine de mètres du grès armoricain, constitue un dressant subvertical, qui, vers 300 m de profondeur, se tord brutalement le long d'une charnière synclinale, pour constituer une zone de plateure à faibles pendages sud.

Si l'on se déplace alors vers le Nord, en restant en couche, on note une diminution progressive des pendages, bientôt subhorizontaux, puis légèrement nord.

Ceci revient à dire qu'à un premier synclinal, à flanc sud subvertical ou légèrement déversé vers le Nord, fait suite un anticlinal peu accentué (fig. 37 a). Sur la surface topographique, ce double pli porte à l'affleurement, au Nord du grès armoricain, successivement :

- les schistes à Calymènes, subverticaux;
- le grès du Petit May, subvertical;
- les schistes intermédiaires, dont le pendage, subvertical à leur bordure méridionale, passe rapidement à un faible pendage sud;
- les grès du Petit May, portés à l'affleurement à la faveur de l'anticlinal.

A ces traits structuraux principaux se superposent des accidents secondaires compliquant la structure :

— les axes de plissement, en particulier de l'anticlinal, présentent un plongement faible et régulier (12 gr) vers l'Est;

— de très nombreuses failles longitudinales inverses, à faible pendage sud, légèrement supérieur à celui de la couche minéralisée, hachent celle-ci;

— des failles transversales, orientées sensiblement Nord-Sud à N 30 relèvent systématiquement leur compartiment oriental, compensant partiellement l'effet du plongement des axes;

— ces failles, contrairement aux failles inverses à faible pendage, montrent souvent un important remplissage de quartz et pyrite entre leurs épontes;

— enfin, d'autres failles longitudinales, celles-ci subverticales affectent la couche minéralisée, comme les failles précédentes; elles sont souvent remplies de quartz, de pyrite ou de brèches à éléments de schistes à Calymènes dont le quartz et la pyrite constituent le ciment.

C'est l'une de ces failles (F 1) qui limite au Nord l'exploitation du minerai. En effet en plusieurs points, qui s'alignent tous sur une droite E-W, les galeries tracées du Sud vers le Nord, en couche, buttent sur une faille au-delà de laquelle se perd la minéralisation.

Cette faille est subverticale, car à l'aplomb de la ligne E-W limitant les travaux miniers, existe, sur la surface topographique, une ligne E-W de discontinuité dans les affleurements. Le rejet de cette faille semble partout légèrement supérieur à 100 m.

Enfin, l'ensemble synclinal-anticlinal des exploitations d'Halouze se trouve limité vers l'Ouest par la faille contre laquelle il vient se terminer en biseau. Ceci est dû à la convergence de la direction de la faille (E-W) et de celle des assises du double pli, sensiblement N 130.

A la lumière des données fournies par la partie centrale de la concession d'Halouze, il est possible de comprendre ce qui se passe plus à l'Est, entre la zone de la Bocagerie et la Varenne.

L'ensemble synclinal-anticlinal, limité au Nord par la faille, se trouve limité au Sud par une faille absolument identique. Entre ces failles, le panneau de Primaire se caractérise par :

1) un plongement d'axes que ne compense que partiellement le jeu des failles transversales N 30;

2) un dévers de plus en plus accentué des assises du flanc sud du synclinal, dont le pendage, voisin de 50 gr à la Bocagerie, n'est plus que de 20 à 25 gr le long de la route du Chatellier à Flers : la série renversée qu'on y rencontre représente le flanc sud, fortement déversé, du synclinal de la mine d'Halouze.

Enfin le panneau de grès armoricain situé au Sud de la faille E-W de la Bihordière représente le grès armoricain — déversé — du flanc sud, considérablement relevé par le jeu de la faille de la Bihordière.

Dans la partie centrale de la concession, au Nord de la faille F 1, les assises primaires semblent faiblement ondulées, autant qu'on puisse en juger d'après

FIG. 37 a. — Coupe le long de la 2e traverse.

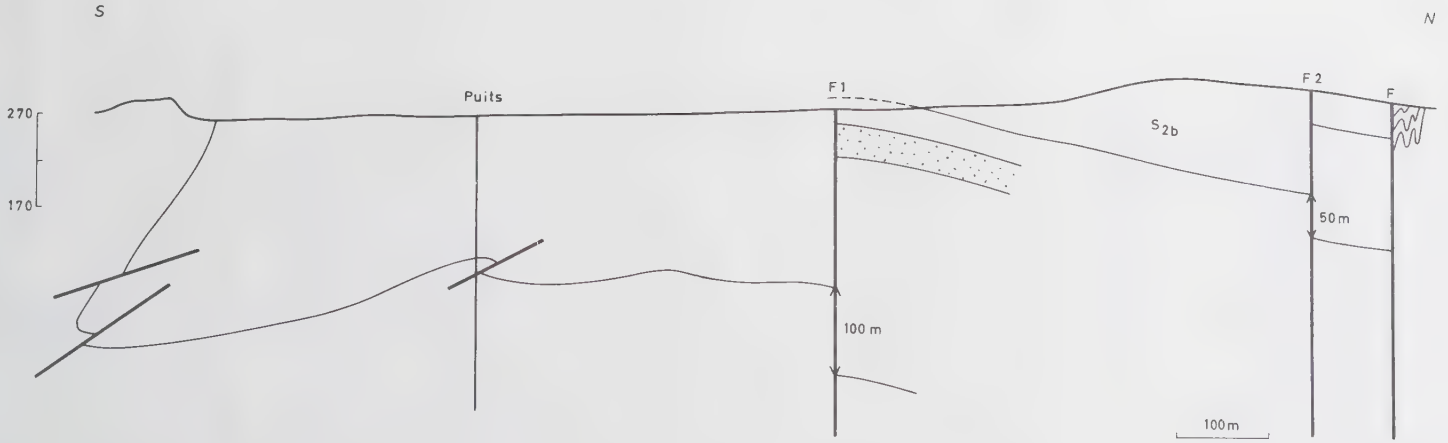


FIG. 37 b. — Coupe le long de la route Saint-Clair - Flers.

les affleurements. Le long de la traverse du Bras Pendu, les grès de May forment, au Nord de la faille F 1, une faible voûte anticlinale se dessinant au Nord d'un synclinal à flanc nord peu accentué, dont le flanc sud est constitué par le grès armoricain et les schistes à Calymènes de la mine de Larchamp.

3.3.4. Coupe le long de la route de Saint-Clair-d'Halouze à Flers (fig. 37 b)

Entre le puits principal d'extraction de la faille F 1 affleurent seuls les schistes à Calymènes. Ceux-ci buttent contre les schistes intermédiaires le long de la faille F 1. Au Nord de celle-ci, on rencontre les grès de May affleurant jusqu'à la route du Chatellier à Chanu. Ces grès sont limités au Nord par une nouvelle faille E-W (F 2) qui, vers l'Ouest, vient interrompre la continuité de la couche minéralisée des exploitations de Larchamp, entre la mine de Larchamp et l'ancien village minier des Hutereaux. Au Nord de cette faille, le long de la route Saint-Clair-Flers, affleurent les schistes supérieurs, eux-mêmes limités au Nord par le Briovérien le long d'une faille orientée N 130 à N 140 (F 3).

3.3.5. Limite occidentale des exploitations d'Halouze : les failles du Coty et des Champs Fougeroux

La faille du Coty, limitant à l'Ouest les exploitations de la mine d'Halouze, est une faille du système N 30 qui compense le plongement vers l'Est des axes de plissement. Elle abaisse son compartiment occidental, mais contrairement aux failles qui hachent la couche minéralisée dans les exploitations et dont le rejet est de quelques mètres, la faille du Coty possède un rejet de plusieurs dizaines de mètres.

La faille des Champs Fougeroux, parallèle à celle du Coty et distante de celle-ci de 500 à 600 mètres, joue en sens inverse : les deux failles isolent une sorte de graben transversal orienté N 30, limité au Sud par le grès armoricain à pendage inversé vers le Sud, et au Nord par la faille longitudinale N 130 qui met le Primaire en contact avec le Briovérien.

3.3.6. La limite occidentale du synclinal d'Halouze (fig. 38)

Les exploitations de Larchamp intéressent la couche de minerai du panneau de terrains primaires situés entre la faille F 1 et la faille F 2.

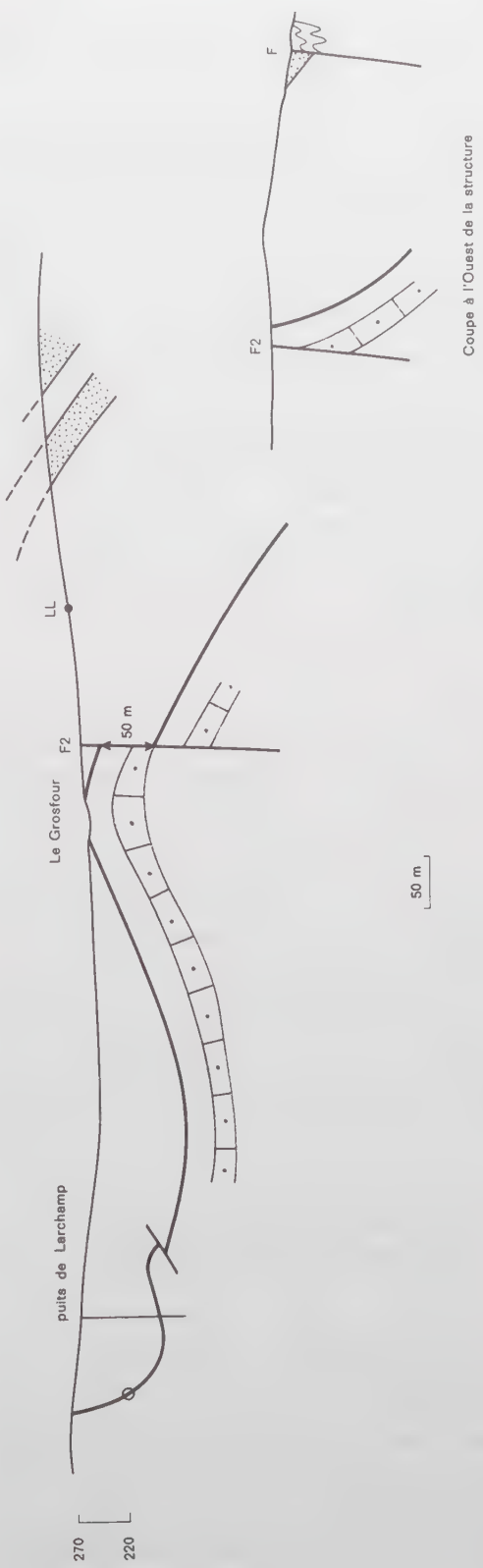


FIG. 38. — Structure du synclinal de Larchamp.

Entre ces failles, les assises décrivent le double pli synclinal-anticlinal; c'est à la faveur de l'anticlinal qu'affleure au lieu-dit le Gros Four (3, 358, 234), la couche minéralisée.

Au Nord de la faille F 2, on rencontre d'Est en Ouest des terrains primaires de plus en plus anciens, dont la limite occidentale est constituée par le grès armoricain, affecté d'un pendage modéré vers le Nord-Est.

Il est probable que ce grès armoricain représente le flanc nord de l'anticlinal médian des exploitations d'Halouze, dont le flanc sud a disparu à la faveur du relèvement vers l'Ouest des axes de plissement.

Le grès armoricain, dirigé N 130 vient buter, près de la Bernardière (3, 376, 244) contre la faille limitant au Nord l'ensemble des terrains primaires.

2e PARTIE : ESQUISSE D'UNE SYNTHÈSE TECTOGÉNÉTIQUE.

L'établissement d'un schéma tectogénétique valable présente le double intérêt de prévoir la structure des zones profondes inaccessibles à l'observation directe, et de combler, à ce sujet, comme le souligne Graindor (1965) : « le retard... si grand en ce qui concerne le Massif Armoricain, alors que d'autres régions plissées, et pas seulement du domaine alpin, mais des Variscides ou des Calédonides, voire de plissements plus anciens, ont été étudiés de façon fort développée ».

En résumé, l'application directe de cette étude sera d'une part la détermination de la géométrie des minéralisations, à l'échelle géographiquement restreinte de notre étude, d'autre part l'application de notre schéma tectogénétique à des régions voisines.

1. — *RAPPEL DES SYNTHÈSES TECTOGÉNÉTIQUES ANTÉRIEURES*

Bigot (1924), écrit dans la notice de la seconde édition de la feuille Alençon : « La disposition et la structure des bandes synclinales ne résultent pas de simples plissements; ceux-ci ont été accompagnés par des déplacements tangentiels qui expliquent l'irrégularité des relations stratigraphiques au voisinage des accidents longitudinaux et dans les régions particulièrement disloquées, comme celles du Chatellier » et, plus loin : « les massifs s'orientent suivant trois directions, sans qu'on puisse établir si ces directions sont en rapport avec des phases successives de plissement ».

Bigot ne faisait ici que développer sa théorie structurale d'abord élaborée dans la zone bocaine (1913 b) : « les lignes de contact anormal qui limitent vers le Nord les fragments de la zone bocaine et ses éléments monoclinaux, doivent être interprétés comme la trace sur la surface topographique de surfaces de chevauchement qui s'enfoncent au Sud et qu'il faut comparer aux « thrust planes » des Highlands d'Ecosse. La connaissance de la nature et du sens de ces accidents permet d'envisager la possibilité de rechercher au Sud de leur trace à la surface, des assises recouvertes par ces chevauchements ».

Enfin, (1928 a) : « La ligne de contact, souvent sinueuse, qui termine les synclinaux à leur front nord, est la trace sur la surface topographique du contact de ces synclinaux avec la surface sur laquelle ils sont chevauchés; les régions de contact présentent des miroirs de faille, brèches de friction ou roches écrasées ».

Le schéma tectogénétique de Bigot envisage donc la formation, d'une part de « simples plissements », d'autre part de « déplacements tangentiels », à partir d'une seule phase tectonique.

Pour Graindor (1965), une telle simultanéité est difficile à concevoir : « Si, comme l'écrivait Bigot, le plissement « s'accompagnait » de chevauchements simultanés on devrait en avoir la preuve dans les couches du Paléozoïque qui seraient affectées de déformations plastiques caractéristiques tels que plissotements des couches, plis en genou (drag fold) qui s'observent toujours dans les plissements de quelque intensité. Or, jamais on ne voit de telles structures : les déformations plastiques primaires de ce type sont à peu près inexistantes, la dimension des rayons de courbure des plis en montre la médiocre intensité ».

Graindor introduit alors le facteur temps pour établir les bases d'une nouvelle hypothèse tectogénétique : « La faible intensité des plissements affectant le Paléozoïque peut s'expliquer par l'existence d'un socle sous-jacent très induré, dont la compressibilité est assez limitée. On peut concevoir qu'après un rétrécissement qui se traduit dans la couverture sédimentaire par un plissement, la limite de compressibilité étant atteinte, le plissement s'achève; mais alors, les mêmes forces de serrage persistant, la contrainte parvient à un seuil où est atteinte une limite de rupture; c'est à ce stade que se produisent les chevauchements ».

Le schéma de Graindor diffère donc essentiellement de celui de Bigot par l'introduction d'une notion de durée dans l'application des contraintes tectoniques. Mais il en diffère également par l'extension de la notion de chevauchement. Pour Bigot, les dépla-

cements tangentiels existent, mais sont toutefois d'amplitude limitée. Pour GRAINDOR, il s'agit de véritables charriages entraînant des déplacements de plusieurs kilomètres : « Le rapprochement des deux unités (de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs) est essentiellement d'origine mécanique »; et, plus loin : « Il n'y aurait rien d'insolite à considérer que le synclinal de Mortain... ait une origine commune avec cette unité (l'unité de La Ferrière-aux-Etangs) ».

Quelle est l'argumentation de GRAINDOR ?

Arguments d'ordre stratigraphique

Distribution du minerai de fer.

GRAINDOR note la présence du minerai de fer dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, dans le synclinal de Domfront à l'Ouest de l'Egrenne et dans la concession de l'Ermitage; l'absence de celui-ci dans tout le reste du synclinal de Domfront, c'est-à-dire entre l'Egrenne et l'Ermitage. Cette distinction correspond, d'après l'auteur, à des « unités à minerai de fer, (qui) dériveraient d'un même bassin sédimentaire » (synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, Mortain, l'Ermitage), distinctes d'un bassin à sédimentation non ferrugineuse (partie médiane du synclinal de Domfront).

Distribution du grès culminant.

Pour GRAINDOR s'ajoute un second argument d'ordre stratigraphique : « la présence de grès valentiens (grès culminant) dans le synclinal de Domfront, où ils existent seulement; dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, il n'y a pas de grès culminant; les schistes du Wenlockien reposent, de l'avis de tous, sur l'Ordovicien. Cr, c'est précisément à partir de la région où se rejoignent les deux unités divergentes que disparaît le grès culminant ».

Arguments d'ordre structural

Déformation dans les sédiments.

L. CAYEUX (1909), à propos du minerai de Mont en Gérôme, note que « l'intensité du phénomène et la variété d'aspect qu'elle (la déformation) communique aux corps oolithiques n'atteignent pareil degré, et tant s'en faut, dans aucun des nombreux minerais étudiés jusqu'à présent ». GRAINDOR en conclut que « c'est bien dans la région où le déplacement atteint son maximum que l'on observe les plus fortes déformations dans les sédiments ».

Lambeaux de grès armoricain de Saint-Michel-des-Andaines.

Il s'agit des « lambeaux » de grès armoricain, qu' « on voit affleurer... au sein des schistes siluriens ». Pour GRAINDOR, le fait que ce grès armoricain soit entouré de toutes parts par les schistes siluriens est interprété comme un charriage des grès sur les schistes, grès dont les lambeaux constituent les témoins.

Divergence des directions des unités de Domfront et de La Ferrière-aux-Étangs.

GRAINDOR constate : « Il semblerait normal du reste que la même phase orogénique ait initialement donné aux deux unités des directions moins divergentes, surtout dans un espace aussi limité... les directions, définitives des synclinaux sont imputables à d'*autres mouvements* que ceux du plissement proprement dit ».

Discussion de ces arguments

Stratigraphie.

Distribution du minerai de fer.

1. — Si le minerai de fer existe dans le synclinal de Mortain, sa teneur va constamment en décroissant à l'Est de la concession de Bourberouge, et les recherches effectuées sur la rive droite de l'Egrenne, non loin de la rivière, ont seulement prouvé l'existence d'un grès minéralisé à 15 % de fer, c'est-à-dire sensiblement équivalent au niveau rencontré en forêt d'Andaine. Il n'existe aucune véritable discontinuité, au passage de la faille de l'Egrenne, dans la sédimentation ferrugineuse. Cette discontinuité, au contraire, est énorme entre le minerai de Larchamp, à 50 % de fer (teneur du minerai grillé) et les grès ferrugineux de l'extrémité orientale du massif de Mortain, sur la rive droite de l'Egrenne.

2. — A l'extrémité sud-est du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, on note une diminution rapide de la puissance et de la teneur du minerai. Les travaux de la vallée de Misère, au raccord des structures de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs ont montré l'existence d'une couche de 1,80 m de minerai pauvre (33 % Fe). En forêt d'Andaine, la teneur en fer est comprise entre 20 et 30 % pour une puissance de 2 m. On ne peut parler de discontinuité.

3. — Les minerais riches de la concession de l'Ermitage, qui, pour GRAINDOR, appartiendraient à

l'unité ferrifère, ne sauraient en aucun cas être comparés à ceux de La Ferrière-aux-Etangs ou de Mortain. Il s'agit de couches différentes, qui s'appauvrissent et s'amincissent rapidement vers l'Ouest, aussi bien à La Ferrière-aux-Etangs qu'en forêt d'Andaine.

La couche exploitée ailleurs, du reste, n'est plus représentée à l'Ermitage que par un grès faiblement ferrugineux.

Distribution du grès culminant.

Nous avons suffisamment établi la présence du grès culminant dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs; la série stratigraphique y est en tous points semblable à celle qu'on peut observer dans le synclinal de Domfront.

Structures : Déformation dans les sédiments.

Il ne semble pas que la déformation des corps oolithiques doive son origine à des phénomènes tectoniques, comme le fait remarquer G. Courty (1965) : « C'est un phénomène de compaction très précoce qui a amené la déformation du corps oolithique ».

Lambeaux de grès armoricain.

L'argument, puissant si l'on peut démontrer qu'effectivement les schistes siluriens entourent de toutes parts le grès armoricain, perd de sa valeur dès lors qu'une telle démonstration est impossible. Nous avons donné précédemment une autre interprétation de la présence de ce grès armoricain, interprétation qui nous semble justifiée par la similitude de position de ce grès avec les autres panneaux qui jalonnent systématiquement les limites septentrionales des structures primaires.

***Divergences des directions des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Étangs* (1).**

Cette observation est irréfutable. Soulignons encore une fois, avec Graindor, l'existence de mouvements différents de ceux du plissement proprement dit.

Cela est tellement vrai que nous pourrons démontrer, dans le cas du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, que « plissement » (au sens large, il s'agit plutôt d'une direction de contrainte principale) et direction des assises, ont une origine nettement différente. Tout ce qu'on peut déduire de cette divergence de directions, c'est l'existence de plusieurs phases tectoniques.

Nous nous proposons de bâtir, à partir de ce phénomène de divergence, une nouvelle hypothèse tectogénétique compatible avec toutes les observations précitées.

(1) Il semble que le problème — purement cartographique — du raccord entre les deux unités, soit à la base de la recherche d'une solution du problème tectonique posé. Bigot (1928) y voit une faille, Graindor (1965) un chevauchement. Le levé précis (paragraphe précédent) montre que le raccord *existe* et qu'il s'agit d'un simple anticlinal.

2. — *ESSAI DE SYNTHÈSE TECTOGÉNÉTIQUE*

2.1. *EXISTENCE DE DEUX DIRECTIONS TECTONIQUES ANTÉHERCYNIENNES.*

La paléogéographie de l'Ordovicien, établie grâce à l'étude de la distribution des puissances et des teneurs des couches de minerai (chapitre 3) montre l'existence de chenaux de plus forte minéralisation, et l'orientation de ces chenaux selon deux directions préférentielles.

— une première direction (D) N 130 environ à l'Est du synclinal de Domfront et dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, N 90 à N 110 vers Mortain, et correspondant à la direction générale des assises du synclinal de Domfront;

— une seconde direction (D') orientée sensiblement N 165, c'est-à-dire selon la direction des fractures du système de l'Egrenne et des assises du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs.

La démonstration de l'existence de ces directions préhercyniennes est faite au chapitre suivant (Minéralisation).

D'autre part, l'étude paléogéographique du minerai de fer montre que la minéralisation coïncide avec des zones de plus forte sédimentation, prédéterminant, à l'Ordovicien, la distribution des aires synclinales actuelles.

A la lueur de ces données, on peut penser qu'avant le paroxysme hercynien, les directions principales de la structure actuelle étaient déjà acquises.

2.2. *MISE EN ÉVIDENCE D'UN PREMIER ÉPISODE TECTONIQUE : ÉTUDE DES BORDURES SEPTENTRIONALES DES SYNCLINAUX DE DOMFRONT ET DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.*

La limite septentrionale des ensembles primaires est partout constituée par une faille longitudinale, le

long de laquelle « les assises siluriennes les plus élevées viennent buter au Nord contre les phyllades et le granite » (Bigot, Bizet, Letellier, 1893).

Les failles longitudinales-limites

Synclinal de La Ferrière-aux-Étangs.

1) Le sondage n° 2 de la campagne de 1911 (La Ferrière-aux-Etangs) entrepris au voisinage de la chapelle Ste-Anne, à 50 m du contact entre le granite et le Primaire, est resté pendant 160 m dans le granite sans rencontrer le Primaire. Le pendage de la faille limite est donc de ce fait supérieur à Arc tg 16/5 soit 80 gr environ.

2) Le rapport de l'étude géophysique effectué par la C.G.G. à l'intérieur de la concession de La Ferrière-aux-Etangs (1956) note que le contact est parfaitement défini entre le granite et les schistes siluriens, dont les résistivités sont fort différentes : « Dans cette région, le tracé du contact est... quasi-rectiligne, et l'on pourrait déjà conclure de ce fait que n'étant pas influencé par la topographie, le contact a un pendage assez voisin de la verticale ». Il s'agit donc d'une faille à fort pendage, et de direction générale NW-SE (N 150 à N 175).

Synclinal de Domfront.

1) Au Nord-Ouest de Domfront, le long de l'ancienne route de Domfront à Tinchebray, près de Choisel, on remarque le contact entre le grès culminant et le Briovérien le long d'une surface subverticale.

2) Entre Choisel et la vallée de l'Egrenne, la trace sur la surface topographique de la limite septentrionale de l'ensemble primaire est rigoureusement rectiligne, bien que le relief soit découpé par des vallées profondes, transversales à la direction générale de la trace.

3) Enfin, les failles transversales à fort rejet vertical, qui hachent la structure primaire à l'Ouest de la vallée de l'Egrenne, semblent ne pas affecter le contact septentrional.

Toutes ces observations militent en faveur d'un fort pendage de la faille limite, alors que de faibles pendages n'ont jamais été observés. Cette faille limite possède, dans le synclinal de Domfront, une orientation assez constante variant dans ses limites de N 90 (à l'Ouest) à N 130 (à l'Est).

Nous admettrons, que ces failles se sont formées dans une première phase, en tant que failles normales d'effondrement, selon les directions préhercyniennes (D, D') précédemment mises en évidence. C'est en effet cette première phase de fracturation qui va nous permettre de comprendre la direction « anormale » du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, direction indépendante de la direction principale des contraintes de plissement.

Quelles sont les conséquences d'une telle fracturation ?

1. — Le basculement des assises primaires, autour d'un axe parallèle à l'une des deux directions (D, D'), entraîne la formation d'une structure monoclinale, limitée d'un côté par la faille longitudinale, et dont les assises sont orientées parallèlement aux directions (D) (synclinal de Domfront) et (D') (synclinal de La Ferrière-aux-Etangs).

2. — Les failles limites d'effondrement s'accompagnent de satellites jouant dans le même sens, et délimitant, avec la faille principale, de petits panneaux restés en relief, par rapport aux éléments du monoclinal (panneaux de grès armoricain). Ces failles satellites peuvent être situées assez loin de la faille limite et déterminer une répétition du monoclinal. C'est le cas de la grande faille longitudinale qui divise le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs.

3. — Ces failles longitudinales correspondent à des accidents profonds du socle entraînant un déplacement, le long de surfaces subverticales, du granite par rapport au Briovérien métamorphique. En effet, on trouve fréquemment le long des limites septentrionales des synclinaux primaires, de petits panneaux granitiques affleurant entre le Primaire au Sud et le Briovérien au Nord; c'est ainsi qu'à la bordure nord du synclinal de Domfront, on compte 5 de ces panneaux entre l'Etoile d'Andaine et Mortain. Ce chiffre est certainement inférieur à la réalité, car la faible surface d'affleurement de ces panneaux les rend souvent inaccessibles à l'observation directe.

Si on imagine un effondrement le long d'un contact granite-Briovérien, les failles satellites de la faille principale détermineront des compartiments intermédiaires de part et d'autre de la faille principale. Ceci revient à dire que les panneaux de grès armoricain et les panneaux de granite jouent un rôle absolument identique vis-à-vis de la faille principale d'effondrement comme l'indique le schéma de la figure 39.

Les failles-limites sont d'ailleurs fréquemment prolongées par des contacts entre granite et Briovérien : la faille limite du synclinal de Domfront fait place à l'Ouest, en direction, au contact entre le granite d'Avranches et le Briovérien de la vallée de la Sée. La faille limite de la partie septentrionale de la concession de La Ferrière-aux-Etangs semble prolonger le contact entre le granite de la Coulonche et le Briovérien de Bellou en Houlme. Ces observations

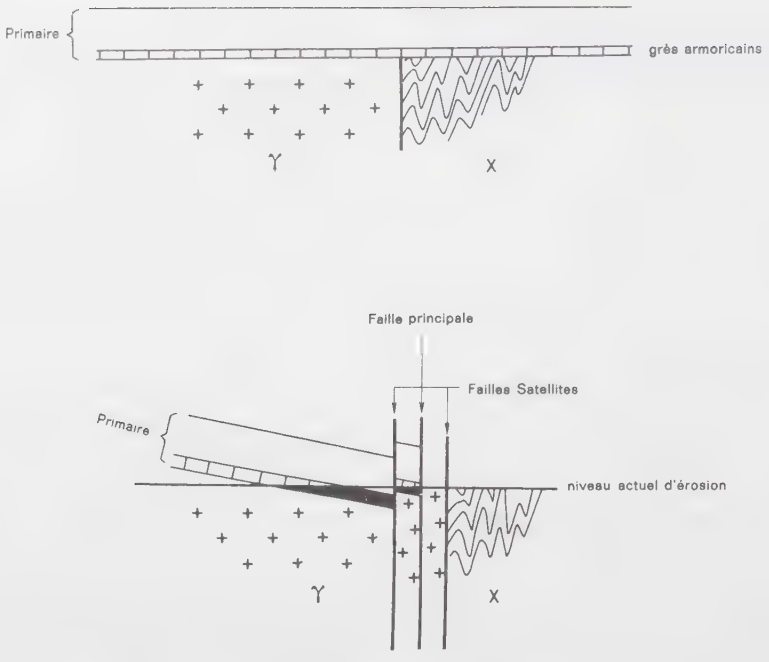


FIG. 39. — Schéma de l'effondrement limitant au Nord les synclinaux primaires.

militent en faveur de l'hypothèse précédemment envisagée.

4. — Les accidents profonds du socle s'ils peuvent se traduire par la formation de monoclinaux, peuvent avoir sur les assises primaires un autre effet; c'est ainsi qu'il est possible de voir dans les couches verticales de Mortain et d'Halouze la conséquence d'une fracturation profonde, atténuée au niveau du Primaire; les dressants de Mortain et d'Halouze, où les directions des couches sont justement celles des grands accidents-limites, se comportent comme de véritables grabens, déterminés par des effondrements parallèles à la direction (D), puis plissés au cours d'une phase ultérieure, où ils vont acquérir leur structure définitive (fig. 40). C'est par ce même schéma que nous expliquerons la formation des accidents du type de l' « accident du puits » à La Ferrière-aux-Etangs.

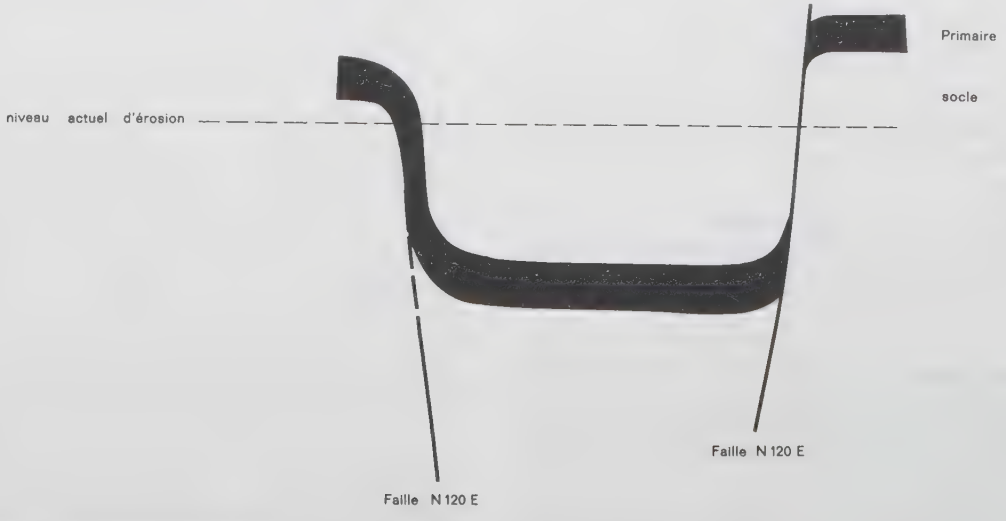


FIG. 40. — Schéma assimilant la structure d'Halouze à un graben déterminé par la rupture du socle selon les directions N 120 E.

En définitive, la position et la direction des synclinaux primaires actuels sont déjà établies à la fin de cette première phase tectonique.

2.3. *LE DEUXIÈME ÉPISODE TECTONIQUE : MISE EN ÉVIDENCE D'UNE SEULE DIRECTION DE CONTRAINTE PRINCIPALE.*

Synclinal de Domfront.

La contrainte principale qui a présidé à la formation des traits structuraux autres que les failles limites, possède une orientation constante à l'intérieur de tout le synclinal : les axes des plis gardent constamment une orientation sensiblement N 130; aussi bien dans la région de l'Ermitage qu'à l'Ouest de la vallée de l'Egrenne, la contrainte principale est partout perpendiculaire à cette direction.

Synclinal de La Ferrière-aux-Étangs.

A l'extrémité occidentale du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs (Halouze) les nombreuses failles inverses qui hachent la couche de minerai sont orientées selon une direction générale N 130 (direction des horizontales pour les failles).

Ces failles inverses se retrouvent dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs, où leur direction, reconnue par les travaux miniers, est également voisine de N 130.

Le schéma, relativement très simple, de l'application d'une contrainte principale de direction N 130 sur une structure préalablement déterminée par des failles d'effondrement parallèles aux directions (D, D'), explique tous les traits structuraux des ensembles de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs :

1) Sur une structure préalablement orientée perpendiculairement à la contrainte, formation de plis cylindriques, à grand rayon de courbure, et caractérisant toute la partie du synclinal de Domfront située à l'Ouest de l'Egrenne, ainsi que la partie orientale du synclinal (l'Ermitage).

La contrainte entraînant une compression générale des assises, et un rétrécissement latéral, les plans des failles normales de la première phase vont subir une déformation et on pourra dans certains cas noter une inversion du pendage des failles qui se présentent alors comme des failles inverses.

C'est ainsi, en particulier, qu'on peut s'imaginer la formation du système de failles inverses longitudinales a fort pendage qui caractérisent, à Mortain, la structure du synclinal de Cabremont. A Halouze, l'effet des contraintes perpendiculaires à la direction N 130 sera essentiellement le dévers des couches précédemment verticalisées par l'effondrement, la formation de plis cylindriques de faible amplitude (anticlinal de la plateure de l'exploitation d'Halouze) et la formation des multiples failles inverses hachant les assises primaires.

Le schéma de l'antériorité des couches verticales à la phase de compression permet ainsi d'expliquer la coexistence, à Halouze, des plis à faible rayon de courbure (zone de plateure) analogue à ceux du synclinal de Domfront, et de couches verticales et souvent déversées.

2) Sur une structure préalablement orientée NW-SE, comme celle de La Ferrière-aux-Etangs, le style tectonique résultant sera profondément différent : absence de plis cylindriques analogues à ceux du synclinal de Domfront, existence de failles inverses à pendages modérés. *Il est d'ailleurs significatif de noter que la concession de La Ferrière-aux-Etangs constitue la seule zone où l'on observe aucun pli cylindrique.*

2.4. *TROISIÈME ÉPISODE TECTONIQUE : LA FRACTURATION E-W.*

On peut établir qu'une seconde phase de fracturation, entraînant la formation de failles E-W, a joué postérieurement à la phase précédemment envisagée.

— A La Ferrière-aux-Etangs, l'accident du puits, qui joue le rôle d'une faille verticale, de direction E-W, abaissant son compartiment sud, déforme le plan de la faille de La Ferrière-aux-Etangs, faille NW-SE du premier épisode tectonique. Cet accident, déterminant des pendages verticaux dans les assises, s'explique par l'amortissement dans le Primaire d'une importante cassure du socle, exactement selon le schéma de la figure 35 relatif aux couches verticales de la mine d'Halouze.

— A Halouze, le système de failles exactement E-W affecte les contacts septentrionaux entre le Primaire et le Briovérien, contacts dûs à des failles de la première phase. Ces failles E-W, d'autre part, déterminent des compartiments préalablement plissés et sont de ce fait postérieurs à la phase de compression. Il est donc logique d'établir la succession suivante des épisodes tectoniques :

1. — Détente : fracturation selon les directions (D, D').

2. — Compression : perpendiculaire à la direction (D).

3. — Détente : fracturation selon la direction E-W.

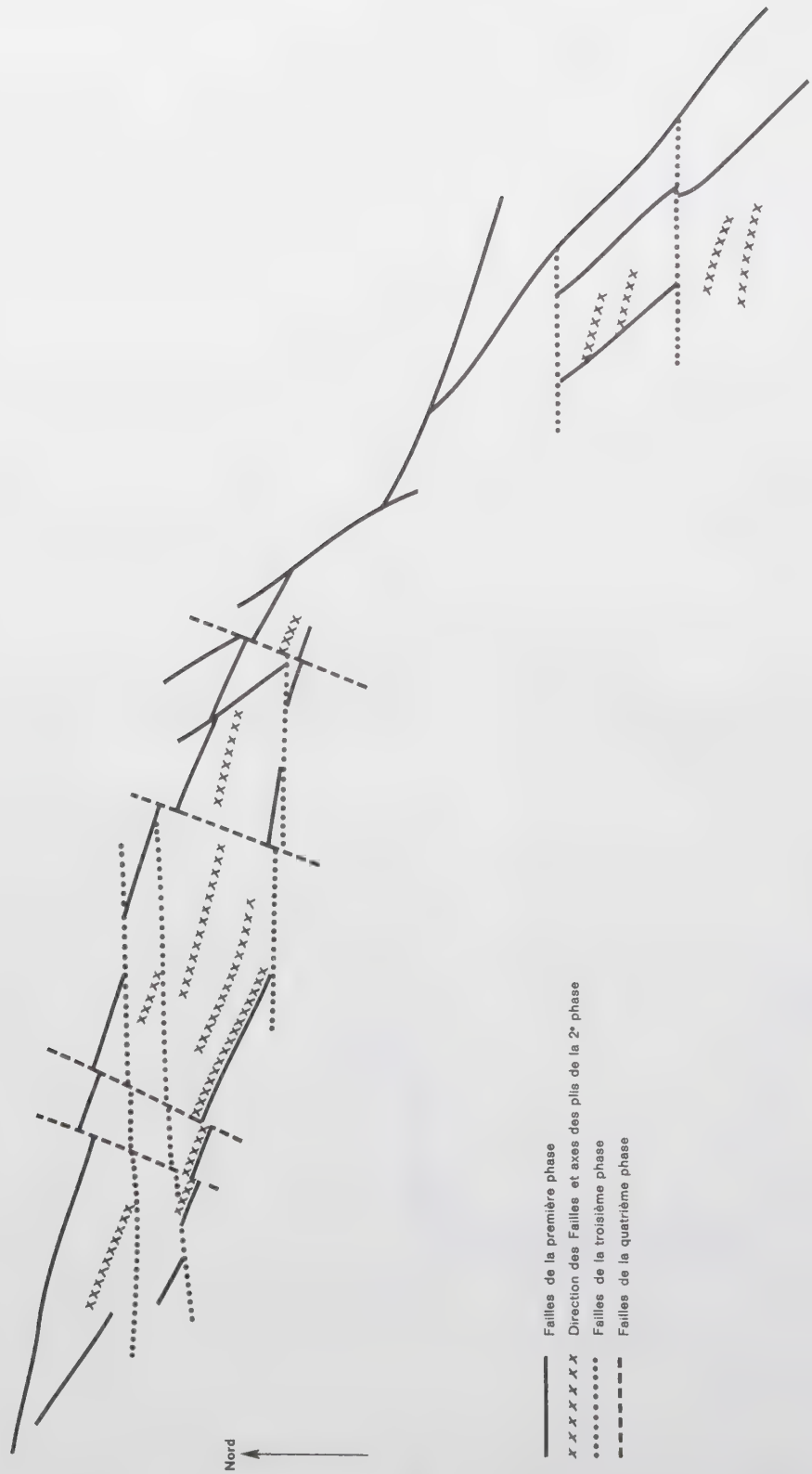


FIG. 41. — Les quatre phases tectoniques dans les concessions d'Halouze et de la Ferrière.

2.5. *QUATRIÈME ÉPISODE : LA FRACTURATION TRANSVERSALE.*

Il existe trois directions principales déterminant la formation de failles transversales :

• Une direction N 150 à N 160, entraînant la formation de failles dont le rejet admet une composante horizontale souvent importante : c'est ce que nous avons appelé le « système de l'Egrenne », et qui caractérise toute la structure primaire aux environs de Domfront.

• Une direction N 50; les failles correspondantes sont distribuées de façon très irrégulière à l'intérieur des deux synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs. Fréquentes à l'extrémité occidentale du synclinal de Domfront (entre Bourberouge et Mortain) et à l'Est de Bagnoles de l'Orne, elles semblent ne pas exister ni dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, ni dans la portion centrale du synclinal de Domfront. Tout au plus peut-on noter l'existence de 3 failles ainsi orientées, jouant le rôle de satellites vis-à-vis de la faille de l'Egrenne.

Ces failles N 50 admettent fréquemment de forts rejets horizontaux, en particulier celles de la partie orientale du synclinal de Domfront. Il s'agit de véritables décrochements.

• Une troisième direction, N-S à N 20, parfois N 30 (cas du synclinal d'Halouze). Contrairement aux failles précédentes, celles-ci semblent avoir un rejet essentiellement vertical, et compensant partiellement l'effet du plongement des axes de plissement. Elles sont en outre réparties à l'intérieur de tout l'ensemble primaire, à l'exclusion de la partie sud-ouest du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs. Ces failles semblent donc intimement liées à la présence des plis cylindriques à grand rayon de courbure.

Il est difficile d'établir une chronologie entre ces différents systèmes de fractures. Il semble que dans la région de Domfront, les failles de décrochement du système de l'Egrenne représentent les témoins de la dernière activité tectonique.

La figure 41 représentant l'association des accidents des différentes phases à l'intérieur des concessions d'Halouze et de La Ferrière-aux-Etangs, illustre la chronologie des 4 phases :

1. — Fracturation (détente) (D, D′) { — Failles verticales / — Couches verticales
2. — Compression N 130 { • Plis cylindriques à grand rayon de courbure; • Failles inverses; • Déversement des couches verticalisées.
3. — Fracturation (détente) E-W
4. — Fracturation N-S Failles à rejet vertical { N 150 / N 50 } Décrochements horizontaux

Chapitre III

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA MINÉRALISATION

1. — *DISTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE DU MINERAI DE FER : CARACTÈRES GÉOMÉTRIQUES DES NIVEAUX MINÉRALISÉS*

Comme nous l'avons brièvement exposé au chapitre « Stratigraphie », les minerais de fer des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs constituent 5 couches distinctes, réparties dans les schistes à Calymènes (3 couches) et dans les schistes intermédiaires (2 couches).

Ces couches sont habituellement numérotées de 1 à 5 dans l'ordre stratigraphique; nous les repèrerons par leur *altitude stratigraphique*, épaisseur de terrains séparant une couche donnée du sommet du grès armoricain.

Alors que les 4 couches supérieures n'existent qu'à l'Est du synclinal de Domfront, la couche n° 1, la plus importante du point de vue économique, se retrouve de façon constante à l'intérieur de toute la zone étudiée.

1.1. *LA COUCHE N° 1.*

Exploitable presque partout, elle a donné lieu à 5 des 6 concessions recouvrant une partie des deux synclinaux. Les nombreux travaux miniers et de recherche nous renseignent de façon très précise sur les variations des caractères géométriques de la couche.

1.1.1. La couche n° 1 dans le synclinal de Domfront

1.1.1.1. Concession de Mortain.

La grande variabilité, aussi bien de puissance que d'altitude stratigraphique, caractérise la couche à l'intérieur de la concession de Mortain.

Lorsque l'on considère d'une part l'altitude stratigraphique de la couche, et d'autre part, sa puissance, l'on constate une nette corrélation positive entre ces deux grandeurs.

Ce phénomène, bien connu dans le bassin lorrain où une telle corrélation existe entre la puissance cumulée des couches et l'épaisseur totale de l'Aalénien, exprime que la minéralisation s'est mise en place au fond de chenaux où la sédimentation était plus forte. Le schéma de la figure 42 a illustre le phénomène : il représente la coupe de l'ensemble (minerai + schistes du mur), en supposant que le toit de la couche constitue un plan horizontal à la fin de la sédimentation ferrifère.

1.1.1.2. Zone « hors-concession » entre Mortain et Bourberouge.

La zone hors-concession, bien reconnue par de nombreux travaux miniers, comprend l'ensemble des terrains situés entre le synclinal de Cabremont, au Nord, et la Forge de Bourberouge au Sud-Est.

Les recherches ont montré la continuité de la couche minéralisée, dont les caractères essentiels sont ici :

— une puissance assez régulière, comprise entre 3,70 et 5,50 m;

— une altitude stratigraphique également très constante et comprise entre 20 et 30 m.

1.1.1.3. Concession de Bourberouge.

La couche y est caractérisée par un retour au régime de l'extrême variabilité des puissances. L'altitude stratigraphique n'est pas précisée dans les archives de ces très vieux travaux miniers qui se contentaient de reconnaître la minéralisation elle-même :

Localisation	Puissance
Etang de Bourberouge	1, 50 à 1, 70 m
Colline de Grémont	2, 30 à 4, 00 m
Mine de Berdalier	2, 50 à 3, 40 m
Boussentier	3, 50 à 4, 00 m

Il ressort de ces chiffres que la puissance de la couche, qui décroît de 5 m (zone hors-concession) à 1,50 m à Bourberouge, augmente ensuite irrégulièrement pour atteindre 4 m à Boussentier.

L'altitude stratigraphique, qu'on peut calculer d'une manière approchée en multipliant la distance horizontale de la couche au toit du grès armoricain, par

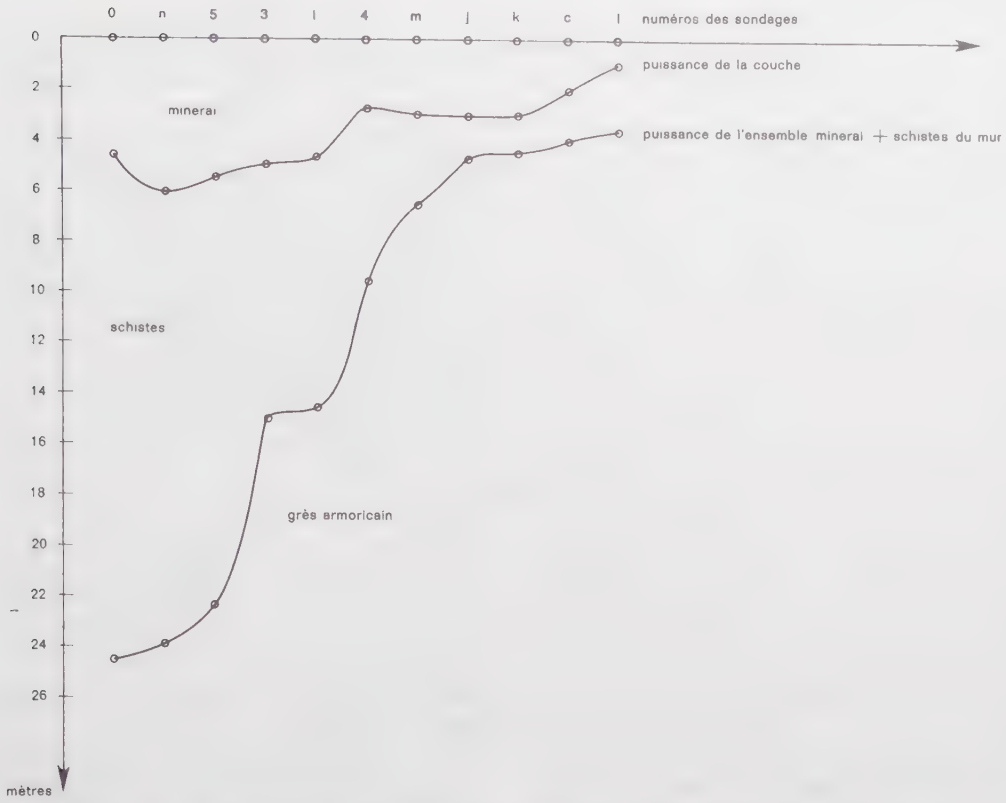


FIG. 42 a. — Corrélation entre la puissance de la couche et la puissance de l'ensemble minerai + schistes du mur (Mortain).

la tangente du pendage, semble rester voisine de 30 m à l'intérieur de toute la concession.

1.1.1.4. Entre la concession de Bourberouge et la vallée de l'Egrenne.

A l'Est de la concession de Bourberouge, la couche n'est plus représentée que par des quartzites ferrugineux ne méritant pas l'appellation de minerai. Deux sondages, au Gué Saffray et à Grille Souris, donnent les chiffres suivants :

Localisation	Puissance	Altitude stratigraphique
Le Gué Saffray	4, 30 m	30 m
Grille Souris	3, 00 m	35 m

1.1.1.5. Entre l'Egrenne et Saint-Michel-des-Andaines.

Les recherches entreprises en Forêt d'Andaine ont permis de retrouver la couche minéralisée en deux points; elle y est représentée par des quartzites ferrugineux, épais de 2 m et dont l'altitude stratigraphique est voisine de 40 m (37 et 45 m). Entre l'Egrenne et la Forêt d'Andaine, toutefois, aucune recherche de minerai n'a été tentée et nous manquons de données pour interpoler la géométrie de la couche entre ces deux zones.

1.1.1.6. Concession de l'Ermitage.

Il existe dans l'ensemble de la concession un niveau minéralisé constant, situé à 65 m du toit du grès armoricain et puissant de 1,50 m environ. Ce niveau semble représenter l'extension orientale de la couche n° 1, bien qu'une large zone, vierge de recherches, sépare la concession de l'Ermitage de la Forêt d'Andaine.

1.1.2. La couche n° 1 dans le synclinal de La Ferrière-aux-Étangs

1.1.2.1. Concession de Larchamp et d'Halouze.

Puissance de la couche (fig. 42 b).

La puissance de la couche est toujours élevée à l'intérieur des deux concessions; elle varie de 4 m à 12,50 m.

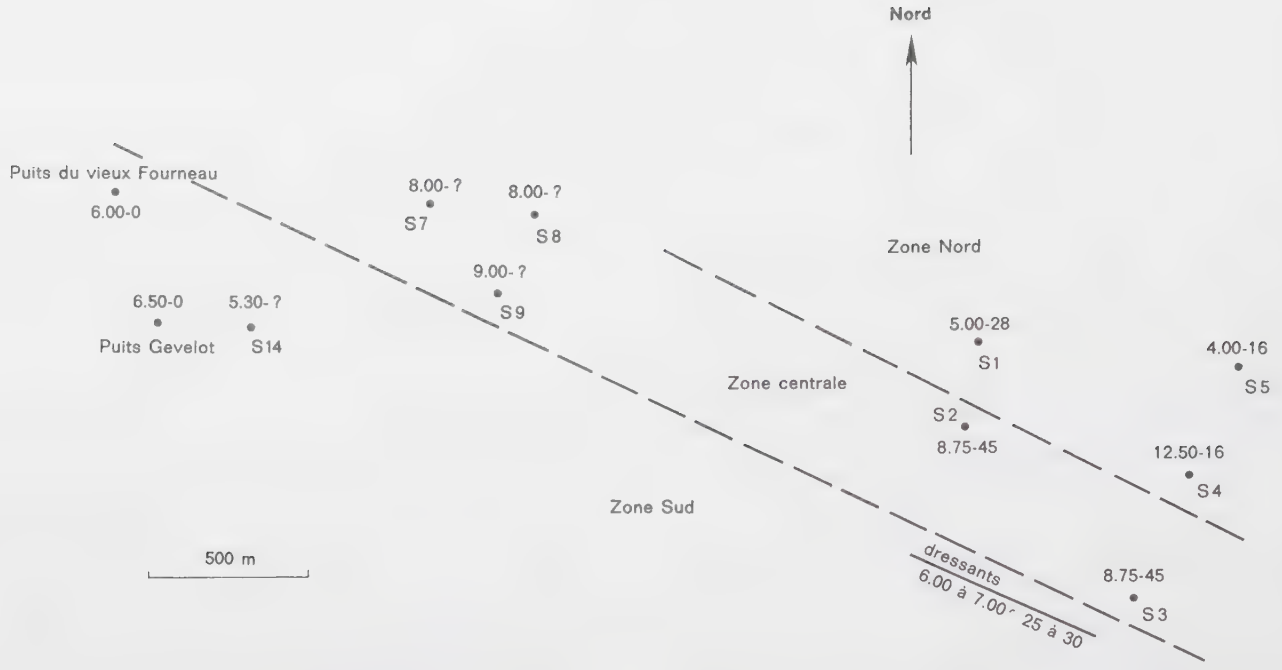


FIG. 42 b. — Carte des puissances (1er chiffre) et des altitudes stratigraphiques (2e chiffre) de la couche n° 1 des concessions de Larchamp et d'Halouze.

La distribution des puissances est délicate à mettre en évidence; il semble qu'on puisse distinguer trois zones de puissance formant trois bandes allongées de l'Ouest à l'Est :

• *Zone sud,* comprenant les travaux de Larchamp et la zone des dressants de la mine d'Halouze; la puissance de la couche y varie de 5 à 7 m.

Larchamp (Puits Grévelot) : 6,50 m;
Larchamp (Vieux Fourneau) : 6,00 m;
Sondage n° 14 d'Halouze : 5,30 m;
Dressants de la mine d'Halouze : 6,00 à 7,00 m.

• *Zone centrale,* correspondant aux sondages 7, 8 et 9 d'Halouze et à la zone de plateure actuellement en exploitation. La puissance y est notablement plus élevée :

Sondage 7	8,00 m
Sondage 8	8,00 m
Sondage 9	9,00 m
Sondage 2 (plateure)	8,75 m
Sondage 3 (plateure)	8,75 m

• *Zone nord,* reconnue par deux sondages (1 et 5) caractérisée par des puissances à nouveau plus faibles :

Sondage 1	5,00 m
Sondage 5	4,00 m

Les trois zones de puissance définissent donc un chenal de plus forte épaisseur minéralisée. Ce chenal n'excède guère 600 m de largeur, et sa direction N 130 est légèrement transversale par rapport à la direction générale du synclinal d'Halouze.

Nous allons dans les trois zones ainsi distinguées, trouver des variations correspondantes de l'altitude stratigraphique.

Altitude stratigraphique (fig. 42 b).

Zone sud : La couche, dans la concession de Larchamp, est située à une trentaine de mètres du grès armoricain; l'altitude est sensiblement constante dans le sens longitudinal, elle est de 25 à 30 m dans les dressants de la mine d'Halouze.

Zone centrale : Les sondages 2 et 3 ont traversé environ 45 m de schistes à Calymènes au mur de la couche.

Zone nord : L'altitude stratigraphique est de 28 m au sondage 1 et de 16 m aux sondages 4 et 5 (1).

Conclusions.

La corrélation entre la puissance et l'altitude stratigraphique semble montrer l'existence d'un chenal de sédimentation plus épaisse, de direction N 130. Cette hypothèse a d'autant plus de valeur que le prolongement oriental de ce chenal correspond aux zones les plus épaisses et les plus riches de la concession de La Ferrière-aux-Etangs.

(1) La puissance de la couche au sondage 4 est de 12,50 m. Cette valeur anormalement élevée provient sans doute d'une répétition du niveau minéralisé due à l'une des failles du système inverse d'Halouze.

1.1.2.2. Concessions de La Ferrière-aux-Étangs et de Mont en Gérôme.

On peut distinguer à l'intérieur de la concession de La Ferrière-aux-Etangs, deux zones, situées de part et d'autre d'un plan E-W passant par l'axe du puits d'extraction, zones très différentes par les caractères géométriques de la couche minéralisée (fig. 43).

• *Zone nord :* La puissance de la couche est élevée et varie de 3 à 5 m. Elle est parfois réduite à 2 m, ou bien elle s'élève à plus de 6 m, par suite de laminages ou de dilatations d'ordre tectonique.

• *Zone sud :* La puissance est beaucoup plus faible, et varie dans des limites plus resserrées, 2, 20 à 2,60 m.

La zone de plus fortes puissances, au Nord, est située dans le prolongement du chenal mis en évidence à Halouze. Les puissances maximales sont toutefois plus faibles qu'en cette dernière concession et l'on est en mesure de penser que l'on s'est éloigné, à La Ferrière-aux-Etangs, de la source de fer. L'étude de la distribution des teneurs confirmera cette manière de voir.

Plus au Sud-Est, dans la concession de Mont-en-Gérôme, la puissance de la couche semble diminuer, puisqu'elle n'est plus que de 2,15 m au puits de la Sauvagère et de 1,80 m dans la vallée de Misère, aux raccords des deux synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs.

L'altitude stratigraphique reste sensiblement constante — 25 à 35 m — dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs. Elle est de 35 m dans celle de Mont en Gérôme.

1.2. *LES COUCHES N° 2 ET 3.*

Elles sont toutes deux situées dans les schistes à calymènes, au-dessus de la couche n° 1. Inconnues à l'Ouest des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs, elles s'individualisent en Forêt d'Andaine (et peut-être pour l'une d'entr'elles à La Ferrière-aux-Etangs), mais ne constituent de véritables couches de minerai que tout à fait à l'Est du synclinal de Domfront, dans la concession de l'Ermitage.

1.2.1. Les couches n° 2 et 3 en Forêt d'Andaine

Trois sondages permettent de définir l'existence des deux couches en Forêt d'Andaine :

— le sondage de la route forestière du Gué Bernard, implanté au contact schistes à Calymènes -

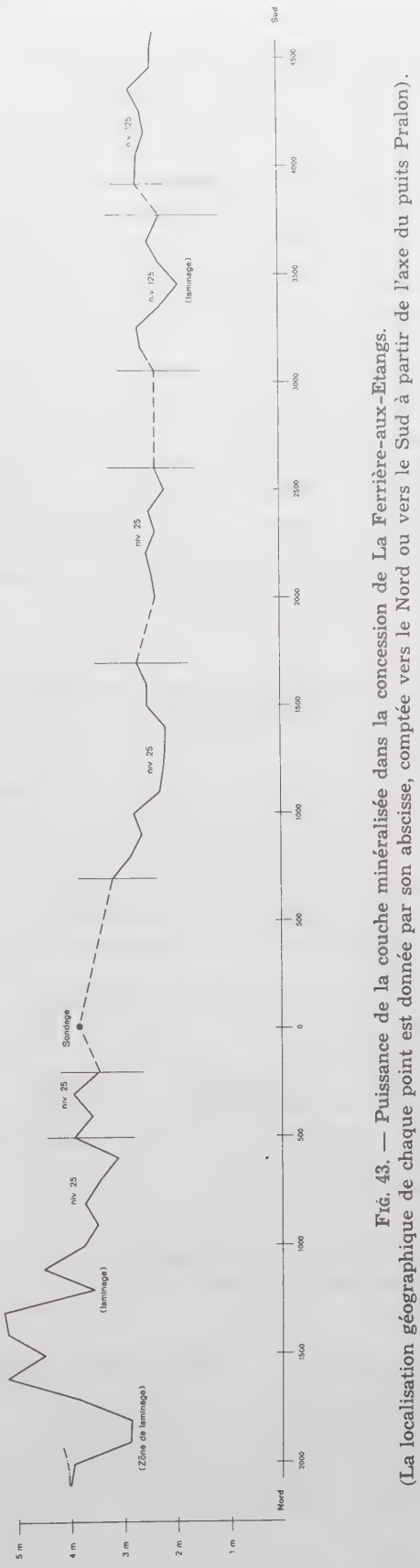


Fig. 43. — Puissance de la couche minéralisée dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs.
(La localisation géographique de chaque point est donnée par son abscisse, comptée vers le Nord ou vers le Sud à partir de l'axe du puits Pralon).

Petit May, rencontre un niveau minéralisé à la profondeur de 35 m environ et le grès armoricain à 201 m. Il s'ensuit que l'altitude stratigraphique de ce niveau est de $\frac{140 \times 166}{201} = 116$ m (140 m représentant la puissance moyenne des schistes à Calymènes).

La puissance du niveau minéralisé envisagé est de 6 m au dire des sondeurs, mais ce chiffre doit vraisemblablement comprendre les grès ferrugineux accompagnant, au toit et au mur, le minerai proprement dit.

— deux autres sondages, dont nous n'avons pas retrouvé dans les archives la localisation précise, démontrent la continuité de ce niveau minéralisé. Ils le recoupent respectivement à 112 m et à 106 m au-dessus du grès armoricain, avec une puissance de 1 m au sondage 1, et non précisée au sondage 2.

Il s'agit donc, dans les trois sondages, d'une des deux couches reconnues plus à l'Est dans la concession de l'Ermitage, et vraisemblablement de la couche n° 3.

1.2.2. Les couches n° 2 et 3 dans la concession de l'Ermitage

Les schistes à Calymènes ont ici une puissance voisine de 200 m. Au Sud-Est du village de l'Ermitage affleurent deux couches minéralisées, situées respectivement à 200 et 300 m au Nord du contact grès armoricain-schistes à Calymènes. Les pendages étant de 30 à 35 gr, les deux couches possèdent des altitudes stratigraphiques respectivement égales à 100 et 150 m environ.

La première de ces deux couches (couche n° 2) a une puissance de 1,70 m; la seconde de 1,60 à 1,90 m (couche n° 3).

Compte tenu de l'augmentation, vers l'Est de la puissance des schistes à Calymènes, il semble certain qu'on puisse assimiler la couche de la Forêt d'Andaine, située aux 7/10 de la formation des schistes à Calymènes, à la couche n° 3.

1.3. *LES COUCHES N° 4 ET 5.*

Elles sont toutes deux situées dans les schistes intermédiaires.

En Forêt d'Andaine, le sondage n° 1 traverse deux niveaux de 0,20 m de minerai, entre le Petit May et le Grand May. Aucune analyse ne permet d'affirmer qu'il s'agit de véritables couches de minerai, les densités des roches que donnent les comptes-rendus de sondage — 3,07 et 3,21 — permettent cependant de le penser.

A La Ferrière-aux-Etangs, une petite couche de 0,20 à 0,40 m se trouve, de façon très constante, interstratifiée à la base des schistes intermédiaires.

Dans la concession de l'Ermitage, deux couches superposées existent dans les schistes intermédiaires. La puissance de la couche inférieure ne nous est pas connue. Celle de la couche supérieure (couche n° 5) est d'environ 2,40 m. Leur position par rapport aux épontes gréseuses des schistes intermédiaires n'est pas précisée. D'après le plan de OEHLERT, figuré par L. CAYEUX (1909), la couche n° 5 serait située au milieu de la formation des schistes intermédiaires, mais il semble qu'OEHLERT ait surestimé la puissance de cette assise au détriment de celle du Petit May.

1.4. *CONCLUSIONS.*

I. — On note, dans l'ensemble, une nette décroissance de la puissance de la première couche, d'Ouest en Est, aussi bien dans le synclinal de Domfront que dans celui de La Ferrière-aux-Etangs.

Synclinal de Domfront.

Localisation	Puissance maximale de la couche
Mortain	6, 00 m
Bourberouge	4, 00 m
Forêt d'Andaine	3, 00 m
l'Ermitage	1, 50 m

Synclinal de La Ferrière-aux-Étangs.

La décroissance est encore plus rapide :

Halouze (partie ouest)	9, 00 m
Halouze (partie est)	8, 75 m
La Ferrière-aux-Etangs (Nord)	5, 00 m
La Ferrière-aux-Etangs (Sud)	2, 60 m
Mont en Gérôme	2, 00 m

II. — L'altitude stratigraphique de la couche augmente d'Est en Ouest :

Synclinal de Domfront.

Mortain	0 à 20 m
Bourberouge	30 m
Forêt d'Andaine	40 à 45 m
L'Ermitage	65 m

III. — A une échelle plus fine, on note (Mortain) des variations rapides et concommittantes de la puissance et de l'altitude stratigraphique.

IV. — L'extension géographique très réduite des zones où l'on peut observer les couches supérieures ne permet pas de dégager une loi de distribution des deux paramètres géométriques. Il en sera de même pour la distribution des teneurs au sein de ces couches, étude que nous limiterons à la première couche au paragraphe suivant.

2. — *DISTRIBUTION DES TENEURS*

L'étude de la distribution des teneurs au sein des couches minéralisées va nous permettre d'étayer les hypothèses proposées au paragraphe précédent, en précisant les conditions paléogéographiques du dépôt de la minéralisation.

Avant d'aborder cette étude, il convient de remarquer que les analyses des minerais dont nous disposons proviennent d'échantillons parvenus à des stades d'oxydation secondaires très différents en fonction de la profondeur à laquelle ils ont été prélevés, ou plus généralement de la facilité avec laquelle l'oxydation superficielle a pu se produire.

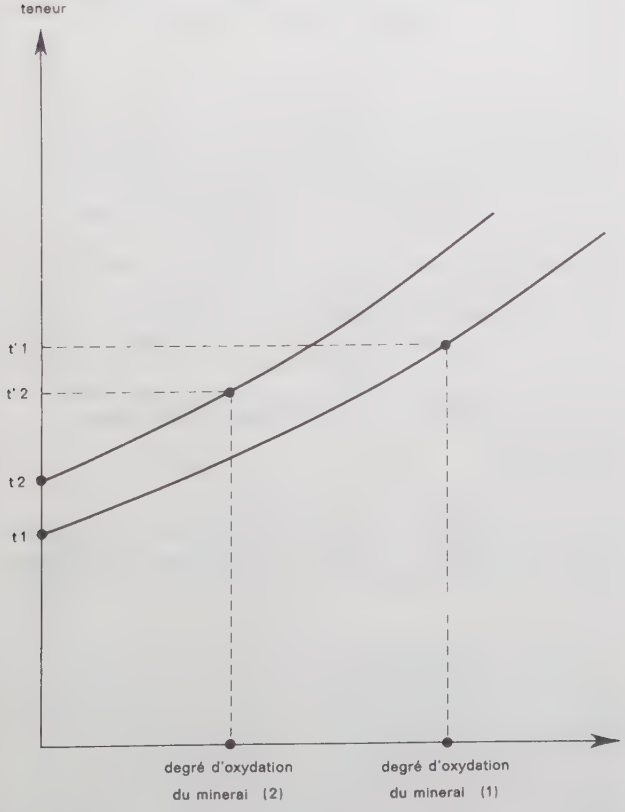


FIG. 44. — Variations des teneurs en fer au sein des couches minéralisées en fonction du degré d'oxydation.

Cette oxydation, c'est-à-dire le passage des minéraux réduits du fer (Sidérite, Chlorite, Pyrite) à des minéraux oxydés (Hématite) s'accompagne toujours d'une augmentation de la teneur en fer. Un minerai dont la teneur primaire en fer était t_1, partiellement oxydé, va acquérir une teneur t'_1, donnée par l'analyse, et supérieure à t_1. Or pour un autre minerai (t_2, t'_2) le degré d'oxydation pourra être fort différent et il pourra se produire que t'_2 soit inférieur à t'_1, alors que t_2 est supérieur à t_1 (fig. 44). En conclusion, les données brutes (t') de l'analyse ne donnent pas des chiffres comparables entr'eux et permettant de comparer les teneurs primaires des minerais correspondants.

Par contre, si l'on fait passer chaque minerai à son degré d'oxydation maximal, correspondant à une teneur T, on a :

$$T = t + f(t)$$

f (t) étant une fonction positive de t, l'oxydation s'accompagnant d'une augmentation de la teneur.

Pour deux minerais de teneurs primaires t_1 et t_2, on a

$$T_2 = t_2 + f(t_2)$$

$$T_1 = t_1 + f(t_1)$$

d'où :

$$(T_2 - T_1) = (t_2 - t_1) + f(t_2) - f(t_1)$$

Nous admettrons :

1. — que l'oxydation superficielle n'entraîne pas de déplacement du fer;

2. — qu'un grillage total du minerai l'amène à son stade d'oxydation maximal (ceci étant vrai pour la sidérite dont la réaction d'oxydation s'écrit :

$$2\,CO_3Fe + 1/2\,O_2 \longrightarrow Fe_2O_3 + 2CO_2).$$

Dans ces conditions, on constate expérimentalement que la fonction f (t), représentant le gain — en teneur en fer — obtenu lors de l'opération de grillage, est une fonction croissante de t (fig. 45 a). Dès lors si $t_2 > t_1$ soit $(t_2 - t_1) > O$, $f(t_2) - f(t_1)$ représente une quantité positive, et $T_2 - T_1$ est $> O$ c'est-à-dire que l'on a $T_2 > T_1$.

On peut établir que $f(t)$ est une fonction croissante de t dans le cas d'un minerai entièrement carbonaté : on peut admettre que le seul carbonate existant dans les minerais normands est la sidérite; les autres carbonates (Ca, Mg, Mn) ne s'y rencontrant qu'exceptionnellement et en très petites quantités.

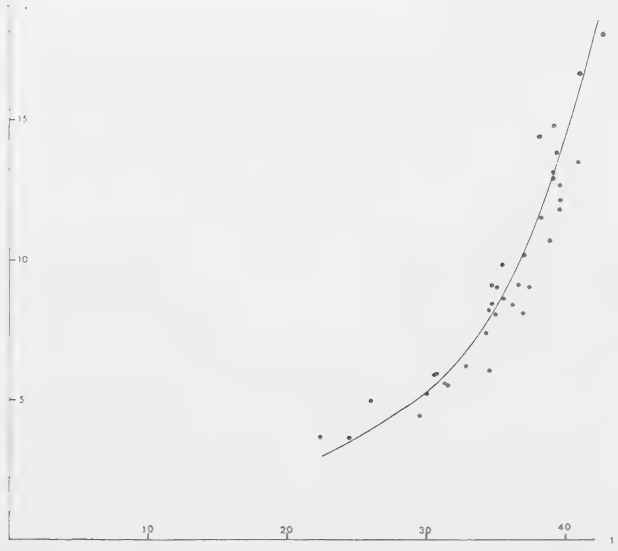


FIG. 45 a. — Courbe représentative expérimentale de la fonction (T-t).

1 gramme de minerai primaire renferme t gramme de fer, c'est-à-dire

$$t \times \frac{CO_3Fe}{Fe} = \frac{29}{14}\,t$$

gramme de CO_3Fe, dont une certaine proportion (m) est oxydée :

$$\left(\frac{29}{14}\,t\right) CO_3Fe \longrightarrow \left(m\,\frac{20}{29} \times \frac{29}{14}\,t\right) Fe_2O_3 + \\ + (1-m)\,\frac{29}{14}\,t \cdot CO_3Fe$$

et la masse de minerai est devenue :

$$\frac{29}{14}(1-m)\,t \cdot CO_3Fe \text{ correspond à } \frac{11}{14}(1-m)\,t\,CO_2$$

Si x est la teneur en CO_2 du minerai grillé, et t' sa teneur en fer, il vient :

$$x = \frac{(1-m)\,t\;11/14}{1-\frac{9}{14}\,mt} \quad \text{et} \quad t' = \frac{t}{1-\frac{9}{14}\,mt}$$

d'où en éliminant m :

$$t' = \frac{t}{1-\dfrac{x-\frac{11}{14}\,t}{x-\frac{11}{9}}}$$

Le cas du grillage correspond à $x = 0$ soit

$$t' = \frac{t}{1-\frac{9}{14}\,t}$$

soit encore

$$t' - t = \frac{t^2}{\frac{14}{9} - t}$$

C'est une fonction croissante de t, d'allure hyperbolique (fig. 45 b) dont la courbe représentative est assez voisine de la courbe obtenue expérimentalement. Le fait que la courbe théorique soit très proche de la courbe expérimentale montre que l'opération de grillage représente essentiellement le passage du carbonate à l'oxyde.

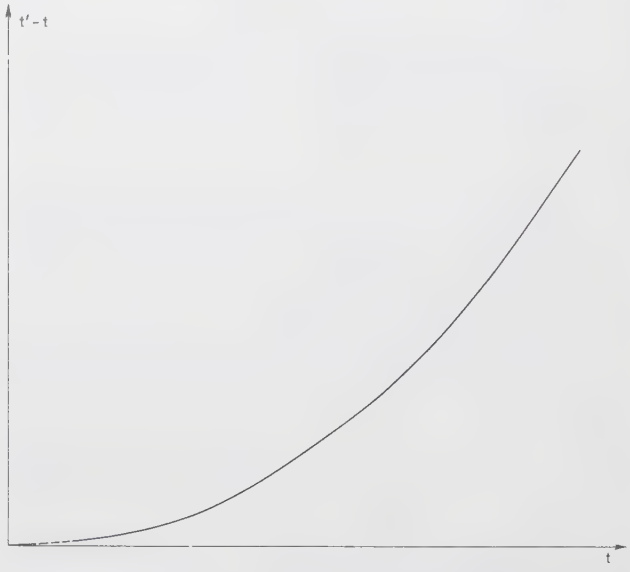


FIG. 45 b. — Courbe représentative de la fonction (t'-t) dans le cas d'un minerai entièrement carbonaté.

Dans ces conditions, l'étude de la distribution des teneurs sera menée d'après les comparaisons entre teneurs de minerais grillés.

2.1. *MORTAIN ET ZONE HORS-CONCESSION* (planche 2).

Les teneurs les plus fortes apparaissent à l'extrémité occidentale de la structure primaire. Le sondage k rencontre un minerai dont la teneur en fer atteint 51,6 %.

Si l'on trace les courbes d'isoteneurs, à partir de ce point vers l'Est, on constate qu'à l'intérieur du synclinal de Cabremont ces courbes sont sensiblement orientées E-W, et définissent un chenal de plus fortes teneurs dont l'axe coïncide avec la limite septentrionale du Primaire. Le long de l'axe de ce chenal, les teneurs décroissent d'Ouest en Est puisque de 51,6 % au sondage k, on passe à 46,3 % au sondage 2 et à 43,6 % au sondage m.

Au Sud de ce chenal, dont la largeur définie au sondage m par les teneurs supérieures à 43 % n'excède pas 200 m, les teneurs décroissent rapidement; les bandes 43 %-40 % et 40 %-37 % sont larges de 200 m environ et la décroissance s'accentue encore au Sud puisque le sondage 7 (500 m au Sud de l'axe du chenal) rencontre un minerai à 34 % Fe.

Dans la zone hors-concession, l'orientation des courbes d'isoteneurs change complètement; elles se dirigent sensiblement N 140, définissant des bandes de teneurs décroissantes du SW au NE. Les teneurs, faibles aux affleurements, passent à 30-35 % au sondage 32 (Les Marais 32 %) et 4 (Roche Plate, 31 %) et atteignent 39 % à l'aval pendage (sondage 6). On se trouve au flanc sud-ouest d'un chenal dont les sondages n'ont pas rencontré le fond et qui se dirigent vers le Sud-Est.

Comme la direction générale des affleurements (NW-SE) dans la zone hors-concession tend à s'incurver vers l'Est aux environs de Bourberouge et converge alors avec la direction du chenal, on est en mesure d'attendre une augmentation générale des teneurs vers l'Est. C'est effectivement ce qu'on observe.

2.2. *CONCESSION DE BOURBEROUGE.*

En effet, après les minerais pauvres qui affleurent le long de la crête Mortain-Bourberouge (30 % à Ruandelle, 38 % à l'Ouest de l'Etang de Bourberouge), on retrouve des minéralisations plus riches à l'Est de l'Etang (45, 10 % à la forge).

Les minerais qui affleurent, ou qui ont été rencontrés par sondage, entre l'Etang de Bourberouge et l'extrémité orientale de la concession (Boussentier), offrent une gamme de teneurs assez étendue mais toujours élevées (entre 45 % et 55 %). Le tableau suivant donne quelques résultats en fonction de la situation géographique :

Localisation	Teneur en fer (en %) du minerai grillé
Etang de Bourberouge	45, 10
Grémont, sondage 2	47, 2
Grémont, sondage 3	49, 7
Grémont, sondage 4	45, 2
Doumont, (affleurement)	45, 15
Doumont, sondage 1	51, 6
Doumont, sondage 2	46, 7
Beauchamp	50,95
Berdalier	45, 6 à 54, 2
Boussentier	46 à 54, 7

Il ressort de ces chiffres qu'on ne peut ici définir aucune loi de distribution géographique des teneurs. Celles-ci sont élevées et il est vraisemblable que l'on se trouve à l'intérieur d'un chenal riche. La constance des hautes teneurs le long des affleurements permet de penser que la direction de ce chenal coïncide avec celle des affleurements. La largeur du chenal, pour des teneurs supérieures à 40 % Fe,

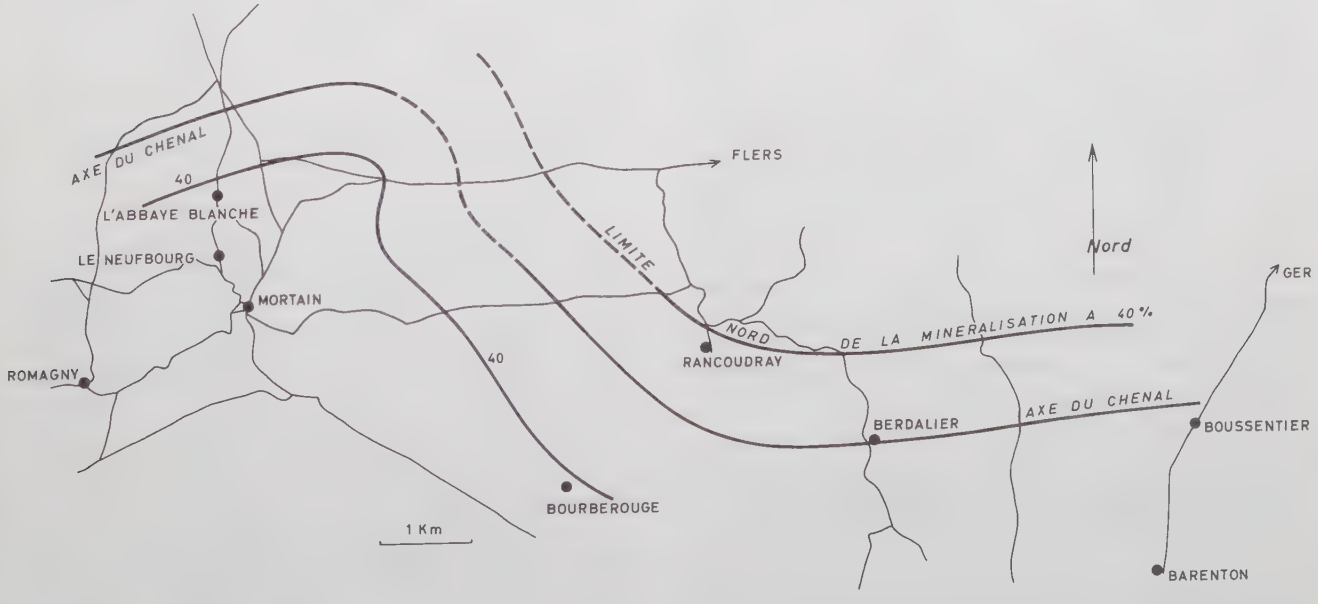


FIG. 46. — Chenal ferrifère de Mortain-Bourberouge.

est supérieure à 2 000 m à l'Ouest de Mortain, du moins si l'on admet que le chenal est symétrique par rapport à son axe. Dans ces conditions, on peut penser que la limite septentrionale des teneurs supérieures à 40 % est sensiblement parallèle à la ligne définie par Grémont, Doumont, Berdalier et Boussentier et distante de cette ligne d'environ 1 km (fig. 46). Ceci revient à admettre que dans l'ensemble de la concession de Bourberouge, la teneur décroît vers le Nord.

2.3. *A L'EST DE LA CONCESSION DE BOURBEROUGE.*

Les teneurs décroissent très vite. Au Gué Saffray c'est-à-dire à 1 200 m au Sud-Est de Boussentier, on ne rencontre plus que des grès minéralisés à 15,5 % de fer. La teneur est encore voisine de 15 % près de l'Egrenne (14,58 % à Grille Souris) et reste faible jusqu'à l'extrémité orientale du synclinal (20 % en Forêt d'Andaine, 17 % dans la concession de l'Ermitage).

2.4. *CONCESSION DE LARCHAMP ET D'HALOUZE.*

Les teneurs sont remarquablement constantes et élevées à l'intérieur des deux concessions :

Larchamp (puits des Hutereaux)	47,8
Larchamp (puits du Vieux Fourneau)	50,7
Larchamp (puits Gévelot)	49,5
Larchamp (moyenne de la production)	49,5
Halouze, sondage 1	48,3
sondage 2	47,4
sondage 3	46,3
sondage 4	49,6
sondage 5	48,3
sondage 8	46,4
sondage 9	47,6

Il est impossible de définir une distribution par zone de teneurs. On se trouve, comme à Bourberouge, dans un chenal riche, dont on va trouver l'extension orientale dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs.

2.5. *CONCESSION DE LA FERRIÈRE - AUX - ÉTANGS ET DE MONT EN GÉROME.*

Comme pour l'étude des puissances de la couche, nous avons construit le graphique donnant la varia-

FIG. 47. — Teneur en fer (minerai grillé) de la couche minéralisée dans la concession de La Ferrière-aux-Etangs.

FIG. 48. — Direction des chenaux ferrifères.

tion de la teneur en fonction de l'abcisse mesurée en couche, à partir de l'axe du puits.

Cette courbe (fig. 47) confirme la distinction élaborée au paragraphe précédent, en deux zones distinctes :

— zone nord, à teneurs élevées comprises entre 47 % et 51 % avec quelques accidents à faibles teneurs, (38 % et 44 %) correspondant aux zones de laminage tectonique où la puissance est également réduite;

— zone sud, à teneurs plus basses, plus variables, s'abaissant à 40 % tout à fait à l'extrémité méridionale de la concession de La Ferrière-aux-Etangs, et décroissant encore vers Mont en Gérôme.

Il existe donc, dans l'ensemble des concessions, une nette corrélation positive entre puissance et teneur.

3. — *CONCLUSIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES*

Au cours des deux paragraphes précédents, nous avons mis en évidence le caractère principal déterminant la distribution du minerai de fer : il s'agit du chenal de sédimentation ferrifère.

Ces chenaux ont été mis en évidence de plusieurs manières.

Chenaux de plus forte puissance.

Le cas de la couche minéralisée de Halouze-La Ferrière-aux-Etangs est particulièrement net. Décroissance des deux paramètres (1) de part et d'autre d'un axe sensiblement orienté N 130.

(1) Puissance et altitude stratigraphique.

Chenaux de plus fortes teneurs.

Le phénomène est bien apparent dans les concessions de Mortain et de Bourberouge.

Corrélations teneur-puissance.

C'est le cas de l'ensemble La Ferrière-aux-Etangs - Mont en Gérôme.

La définition de ces chenaux appelle un certain nombre de remarques.

3.1. *DIRECTION GÉNÉRALE DES CHENAUX* (fig. 48).

Ils s'orientent tous selon deux directions privilégiées, qui sont précisément les deux directions tectoniques principales de tout l'ensemble primaire.

Direction (D) N 100 (Mortain) à N 130 (Halouze et La Ferrière-aux-Etangs).

Direction (D') N 150 à N 165.

3.1.1. Chenaux de direction (D)

C'est le cas du chenal de Mortain à l'intérieur du synclinal de Cabremont; son axe se dirige exactement E-W. Cette direction se retrouve au-delà de l'Etang de Bourberouge, où l'axe de plus fortes teneurs se dirige vers l'Est, restant ainsi parallèle à la direction générale des assises primaires.

A Halouze, enfin, entre Larchamp et la partie septentrionale de la concession de La Ferrière-aux-Etangs, le chenal s'oriente sensiblement N 130.

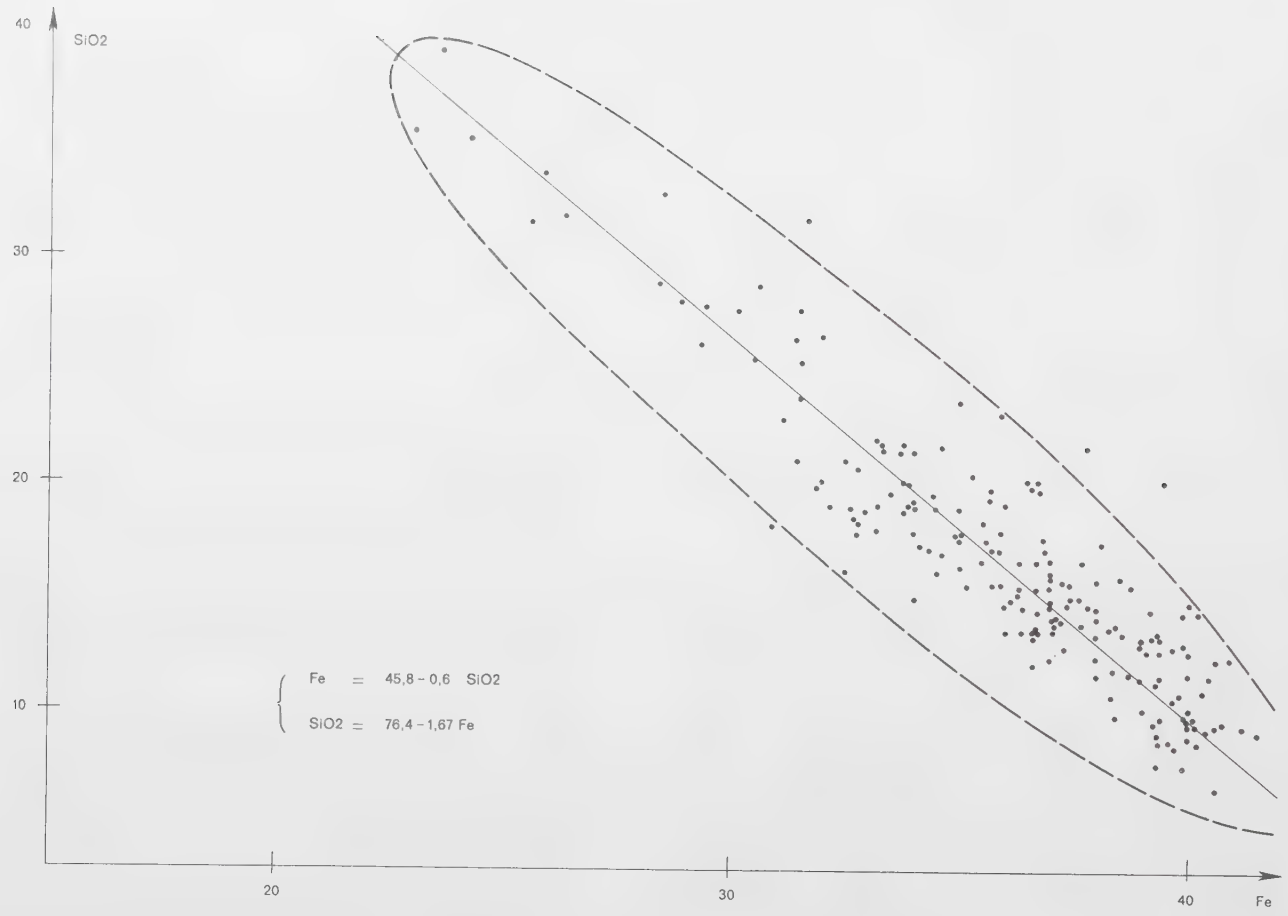


FIG. 49. — Diagramme $FeSiO_2$ (La Ferrière). Minerai cru.

Chenaux de direction (D').

C'est typiquement le cas du chenal de Mortain dans la zone « hors-concession ». Il est probable aussi que la rapide disparition des fortes teneurs à l'Est de Boussentier est due à une inflexion vers le Sud-Est du chenal qui se dirigeait vers l'Est jusqu'à Boussentier.

La partie sud de la concession de La-Ferrière-aux-Etangs nous offre une couche de minerai où la décroissance des teneurs et des puissances est lente : on peut penser dans ces conditions que l'on se trouve au flanc sud-ouest d'un chenal dont l'axe est sensiblement parallèle à la direction des couches.

En conclusion, il n'est pas téméraire d'affirmer que la topographie du substratum de la minéralisation ferrifère était déterminée par deux directions principales (D) et (D'), directions qui apparaissent alors comme pré-orogéniques.

3.2. *CORRÉLATION ENTRE LES CHENAUX ET LES ZONES PROFONDES DE LA STRUCTURE ACTUELLE.*

Le phénomène est particulièrement facile à mettre en évidence à Mortain où les courbes d'isoteneurs, surtout à l'Est de la ville, coïncident presque avec les courbes de niveau de la surface structurale du grès armoricain. Les courbes 34 % et 37 %, en particulier, dessinent toutes deux une apophyse vers l'Est, à l'aplomb de l'anticlinal de l'Abbaye Blanche, et toutes les courbes enfin se resserrent au passage de l'aire de surélévation transversale correspondant à la longitude de Mortain.

Ceci revient à dire que les aires synclinales et anticlinales, au sens large, déterminées par la tectogenèse hercynienne étaient déjà prédéterminées à l'Ordovicien. Autrement dit, la tectogenèse hercynienne est conditionnée par les traits structuraux de l'Ordovicien.

3.3. *SENS DE L'ÉCOULEMENT DANS LES CHENAUX.*

La diminution des puissances, dans le sens Ouest-Est aussi bien que celle des teneurs (cas du chenal Halouze-La Ferrière-aux-Etangs), permet de penser que l'apport ferrifère se faisait à partir d'une zone-source située à l'Ouest. Ceci corrobore très bien le fait que les eaux de la transgression cambro-ordovicienne ont progressivement envahi vers l'Ouest le môle exondé de Domnonée-Mancellie (Pruvost, 1949).

4. — *COMPOSITION CHIMIQUE DES MINERAIS*

4.1. *CONSTITUANTS PRINCIPAUX.*

Les constituants principaux des minerais montrés par les analyses sont essentiellement :

- le fer,
- la silice,
- le gaz carbonique,
- l'eau.

La plupart des analyses nous donnent les teneurs en fer (fer total), en silice; elles comprennent en réalité la somme des teneurs en silice et en alumine insoluble, et l'ensemble eau + gaz carbonique constituant la perte au feu.

Nous nous proposons de définir les relations existant entre les teneurs en ces constituants principaux.

4.1.1. Relation entre le fer et la silice

D'une façon générale, il existe entre le fer et la silice des minerais primaires — non oxydés superficiellement — une relation linéaire, comme le montre la figure 49 (minerais de La Ferrière-aux-Etangs) de la forme $Fe = a - b \cdot SiO_2$.

D'autre part, le diagramme fer-silice correspondant à des minerais parvenus à des stades d'oxydation très différents (minerais de Mortain-Bourberouge), offre une grande dispersion des points dans le plan, ne permettant de définir aucune loi (fig. 50).

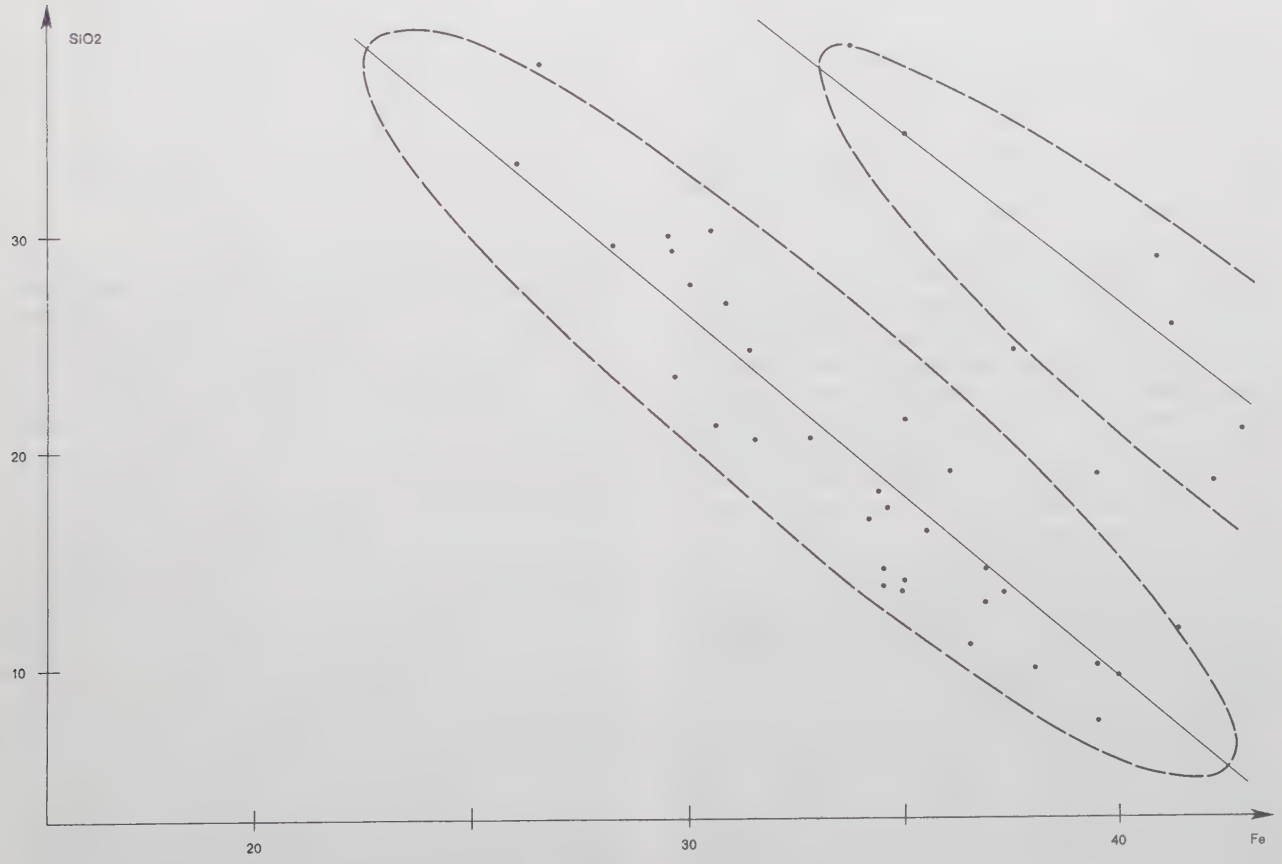


Fig. 50. — Diagramme $FeSiO_2$ (Mortain).

Par contre, si l'on construit le diagramme fer-silice des minerais grillés, on obtient une nouvelle loi linéaire de la forme $Fe = a' - b' \cdot SiO_2$ (fig. 51 a).

Les points du diagramme fer-silice des minerais de Mortain représentent alors des minerais oxydés partiellement, et l'on s'explique ainsi leur grande dispersion dans le plan.

4.1.2. Relation entre la teneur en fer et la perte au feu

Nous avons établi au § 2 que la perte au feu des minerais primaires était une fonction croissante de la teneur en fer. Dans le cas d'un minerai entièrement carbonaté, la relation est linéaire et s'écrit :

$$\text{perte au feu} = 9/14\,(Fe\ \%).$$

4.2. *CONSTITUANTS ACCESSOIRES.*

4.2.1. Phosphore et chaux

Les teneurs en anhydride phosphorique (P_2O_5) varient dans de très larges limites, de 0,6 % à 2,5 %. Les teneurs en chaux (CaO) sont comprises entre 1,8 % et 4,1 %.

Si l'on construit le diagramme $P_2O_5 - CaO$, on constate que la teneur en P_2O_5 est une fonction croissante de la teneur en chaux (fig. 51 b) :

$$P_2O_5 = -0{,}52 + 0{,}69\,CaO$$
$$CaO = 0{,}75 + 1{,}44\,P_2O_5$$

Un phosphate de chaux sédimentaire est caractérisé par un rapport CaO/P_2O_5 compris entre 1,3 et 1,4. Il est donc permis de penser que le phosphore ne se trouve pas seulement sous forme de phosphate de chaux et que la chaux se trouve entièrement combinée au phosphore confirmant ainsi le fait que la calcite est minéralogiquement absente du minerai.

Alumine et magnésie (fig. 51 c).

L'alumine et la magnésie sont liées par une relation linéaire de la forme $MgO = a + b \cdot Al_2O_3$. L'alumine ici dosée est l'alumine soluble, l'alumine insoluble (dont la teneur est toujours faible, de 0,4 à 0,6 %) est confondue avec la silice.

L'alumine et la magnésie semblent combinées dans une forme minéralogique soluble, sans doute une chlorite.

Les teneurs respectives varient de 1,2 % à 3,4 % pour la magnésie, et de 1,2 % à 9,6 % pour l'alumine soluble.

Fig. 51 a. — Diagramme $Fe\text{-}SiO_2$.
Minerais grillés de La Ferrière-aux-Etangs.

Fig. 51 b. — Diagramme $CaO\text{-}P_2O_5$.

Fig. 51 c. — Diagramme $Al_2O_3\text{-}MgO$.

Chapitre IV

GÉOLOGIE MINIÈRE
GÉNÉRALITÉS

L étude que nous nous proposons d'effectuer représente l'application pratique des données fournies par les chapitres précédents. C'est en somme la synthèse des connaissances acquises sur la stratigraphie, la structure et la distribution des minéralisations des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs.

Nous avons cru bon, avant d'entamer cette étude, de rappeler brièvement la vocation de cette région en tant que province minière. Il est juste de rendre cet hommage aux Anciens, et nous ne ferons qu'avancer d'un pas de plus vers une mise en valeur de notre région déjà amorcée depuis longtemps.

Après un bref paragraphe donnant un aperçu rapide de la pétrographie des minerais, nous examinerons, concession par concession, la structure et la richesse des diverses zones minéralisées.

1. — *HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DU FER*

1.1. *LES ORIGINES.*

Il semble que les Celtes aient été les premiers à utiliser les richesses du sous-sol de la région. La toponymie nous fournit à ce sujet de précieuses indications. Ainsi faut-il voir le radical celto-breton « theu » (fonte) dans Tessé (près de Bagnoles) ou Lonlay-le-Tesson (près de La Ferté-Macé); « iarn » (celto-breton : fer, en anglais « iron », en irlandais « haiarn ») se retrouve dans Orne (n'est il pas significatif que deux rivières de ce nom traversent justement les deux principaux districts ferrifères français).

Les Romains, selon l'avis de tous, perfectionnèrent les techniques en usage, et organisèrent la métallurgie du fer à proximité des centres d'extraction, sur l'emplacement « d'anciens campements de forges celtiques, enclavés dans des levées de terre » (Puzenat, 1939). Ce sont les célèbres « chatelliers » dont le nom persiste en maints endroits dans l'Ouest de la France, et en particulier au bord de la Varenne, non loin des exploitations d'Halouze.

L'exploitation du fer dut être menée de façon intensive pendant tout le Moyen-Age. Les profondes excavations, à la tête des couches minéralisées, laissent supposer des travaux d'une certaine importance.

Jusqu'au XVIII[e] siècle, on sait très peu de choses sur l'activité minière de la région domfrontaise; quelques forges existaient, toutes situées non loin de la Varenne : Le Chatellier (minerais d'Halouze), Champsecret et Domfront, alimentées par d'hypothétiques minerais en provenance de la Forêt d'Andaine.

Le début du XIX[e] siècle voit se dessiner la concentration des exploitations en deux points : Halouze et Bourberouge.

1.2. *LE XIX[e] SIÈCLE JUSQU'EN 1861.*

1.2.1. Exploitations d'Halouze

Le plus ancien document que nous possédions sur les exploitations d'Halouze est une pétition de M. le Comte de Redern, propriétaire des forges de Varenne (Le Chatellier) et demandant en date du 30.12.1818, un « dégrèvement de redevances en considération de la nature de ses exploitations » (exploitations de minière). A cette pétition est jointe la description suivante :

« ... Ligne d'exploitations de 2 000 m, filon large de 4 à 8 m; un atelier de mineurs exploite annuellement dans ce filon une longueur d'environ 7 à 8 m. Or il y a 3 ateliers... »

« Chaque atelier exploite environ 60 m^2 de superficie au plus... L'exploitation se fait ordinairement par découverts d'environ 7 à 8 mètres au carré, au moyen desquels on enlève la terre jusqu'à la superficie de la mine, qu'on perce quelquefois afin d'excaver par en dessous pour la tirer... Tous les travaux d'art se bornent... à hisser la mine dans un panier à l'aide d'une corde et d'un rouet... »

La disposition en couche de la minéralisation est reconnue en 1821, par M. Hérault « ... Les minerais de Saint-Clair ne sont point d'alluvion; ils forment au contraire une couche d'une étendue assez considérable, dans une formation assez ancienne... »

En 1821, le Préfet de l'Orne estime que la mine de Saint Clair est susceptible de concession pour 300 hectares. Mais en 1834, lorsque le Sieur Moulins demande effectivement la concession elle lui est refusée. La demande de Moulins nous fournit la description suivante « La mine est exploitée à Saint-

Clair par puits grossièrement faits et étançonnés de 15 à 16 m. La couche est asséchée à cette profondeur par un conduit en galerie muraillée laquelle débouche dans un petit vallon du voisinage, et qu'on avance en même temps que les travaux d'exploitation. Le montage des matières extraites se fait au moyen de treuils grossiers ».

En 1848, le Sieur Catois, successeur de Moulins, devant l'incompréhension de l'administration, annonce son intention d'abandonner l'exploitation. Le gîte est considéré comme disponible en 1849.

1.2.2. Exploitations de Bourberouge

En 1793 est installé un haut-fourneau de 7 m, alimenté par 2 soufflets de forge mis en mouvement par une roue hydraulique de 4 chevaux. La production est alors de 60 à 70 tonnes de fonte par mois. Le combustible (bois) provenant de la forêt de Mortain, toute proche, est transporté par charrettes à chevaux à travers un terrain fort accidenté. Le minerai est extrait en totalité de la montagne de l'Averne, soit en descendant suivant la couche à partir de l'affleurement, soit en montant à partir de la vallée après avoir recoupé la couche au moyen de travers-bancs. L'exploitation se fait par la méthode des piliers abandonnés.

Jusqu'en 1830, seul ce minerai de l'Averne alimente la forge. De 1830 à 1849, il est utilisé en même temps que le minerai des exploitations de l'Est de Bourberouge (sans doute Doumont et Berdalier). En 1849 est construit un nouveau haut fourneau de 12 m, à soufflerie actionnée par une roue hydraulique de 35 ch. et une machine à vapeur, les gaz du gueulard étant utilisés pour le réchauffage de l'air. La production est susceptible d'atteindre 200 tonnes par mois, mais la rareté du combustible, les difficultés de transport et la courte durée des campagnes de haut-fourneau (7 à 8 mois) ne permet pas de dépasser une production annuelle de 1 100 à 1 200 tonnes de fonte.

Ce sont les difficultés de transport depuis les exploitations éloignées de Doumont et de Berdalier qui obligent de plus en plus à utiliser une proportion notable (30 %) de minerai dit « de Mortain » (Minerai pauvre et siliceux de la crête Mortain-Bourberouge). L'élévation de la teneur en silice entraîne une consommation considérable de castine (310 kg par tonne de fonte grise en 1859). Ce chiffre est toutefois abaissé à 240 kg en 1860.

En 1861, l'usine occupe 170 ouvriers, l'exploitation est très prospère. Le traité de commerce avec l'Angleterre ruine brutalement l'essor de Bourberouge. Le haut fourneau, le dernier de Normandie, s'éteint la même année.

1.3. *LA FIN DU XIX^e SIÈCLE.*

Vers 1870, Danton démontre, en Anjou, les immenses possibilités du sous-sol ferrifère; son exemple est rapidement suivi en Normandie par Renault, De Lapparent et Lecornu, et jusqu'à la fin du siècle les recherches minières vont se succéder et aboutir à l'attribution de concessions : Halouze en 1884, La Ferrière-aux-Etangs en 1901, Mortain et Bourberouge en 1902, Larchamp et Mont en Gérôme en 1903, et plus tard, l'Ermitage en 1922.

2. — *PÉTROGRAPHIE DES MINERAIS*

C'est volontairement que nous ne ferons qu'effleurer cette question, dont l'étude s'inscrit bien plus dans le cadre d'une pétrographie synthétique des minerais ordoviciens normands comme l'entendait déjà L. Cayeux (1909) ou plus récemment L. Bubenicek (1965) et G. Courty (1965).

De plus, sur l'ensemble des mines jadis en exploitation, 2 seulement le sont encore (Halouze et La Ferrière-aux-Etangs) et les échantillons en provenance des autres secteurs minéralisés ne représentent que des minerais d'affleurement, de la zone d'oxydation superficielle, impropres à toute étude pétrographique.

Dans ces conditions, nous avons préféré rappeler les résultats énoncés par ces pétrographes, nos observations personnelles ne contribuant que dans une faible mesure à une meilleure connaissance du problème.

2.1. *STRUCTURE DES MINERAIS.*

Comme le remarque L. Bubenicek (1965) « ... la concentration en une minéralisation ferrifère s'opère par la rencontre de 2 conditions :

— dépôt de sable;

— apport de fer dans le bassin marin, qui s'organise en oolithes, celles-ci se déposant au niveau granulométrique des sables... ».

Cela revient à dire que la minéralisation coïncide avec un accident gréseux dans la série des schistes à Calymènes.

Si (Bubenicek, 1965) « les apports en fer sont moins étalés dans le temps que le dépôt du sable » on pourra observer :

— Une couche minéralisée proprement dite, dont

les épontes seront constituées de bancs de grès. C'est le cas général, où de part et d'autre de la couche, on peut distinguer les « grès du mur » et les « grès du toit ».

— Si l'apport en fer débute avec la sédimentation sableuse ou se termine avec elle, une seule des épontes sera gréseuse.

Dans les deux cas le minerai sera une roche dont la structure appartient à l'une ou l'autre des deux structures fondamentales suivantes :

Structure en stratification entrecroisée, « paquets de lits élémentaires se recoupant en biseau, ... généralement obliques par rapport à la stratification générale de la roche ».

Structure contournée « mélange de 2 roches de nature et de granulométrie très différentes, l'une sableuse, l'autre très fine. Le terme fin forme de petits lits contournés, discontinus, entre lesquels apparaît l'autre terme, granuleux, souvent en petits paquets en forme d'amande ».

— Lorsque l'apport en fer coïncide avec la sédimentation sableuse, mais qu'il est de médiocre intensité, il n'existe plus de couche minéralisée proprement dite, mais seulement un grès ferrugineux où le fer forme le ciment de grains siliceux; c'est le cas de la couche n° 1 en Forêt d'Andaine.

2.2. *LES OOLITHES.*

« On peut considérer comme un caractère essentiel le fait qu'en général (les minerais) sont abondamment oolithiques » (G. Courty, 1965).

« L'abondance maximale en oolithes, qui s'accompagne du reste souvent de fortes moyennes granulométriques, coïncide très généralement avec la teneur la plus élevée et la composition minéralogique la plus riche en oxyde » (G. Courty, 1965).

Ainsi se trouvent résumés :

— le caractère oolithique des minerais; ce caractère leur est spécifique;

— la coïncidence de la minéralisation avec les sédiments les plus grossiers (c'est-à-dire les sables — grès — par opposition aux argiles — schistes).

Rappelons quelques résultats de la synthèse de G. Courty.

— Les oolithes du minerai normand ont une origine primaire;

— « l'uniformité latérale dans la granulométrie des oolithes est constante à l'échelle d'un même gisement »;

— « à l'uniformité latérale du calibrage se superposent des variations verticales dans la granulométrie des oolithes... Des séquences négatives semblent le fait, bien souvent, des niveaux les plus oxydés ».

2.3. *LES CONSTITUANTS MINÉRALOGIQUES.*

« Eléments détritiques mis à part, toute la roche est du minerai » (G. Courty, 1965).

Ce minerai est constitué des minéraux ferrifères suivants :

L'hématite rouge.

— l'hématite rouge (oligiste) dont la composition chimique est la suivante (Bubenicek, 1965) :

Fe	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	P	Mn	S
57,2	9,7	1,0	3,4	0,5	0,2	0,07	0,04
52,7	13,1	1,0	4,6	0,7	0,2	0,10	0,02

CO_2	H_2O	Fe^{++}
3,3	2,0	8,7
3,1	3,6	15,4

Il s'agit donc d'un minéral complexe où domine le sesquioxyde associé à la silice et à l'alumine.

La sidérite.

Le fer, sous forme de carbonate, semble être associé à Mg et Mn, comme le montrent les tableaux de la figure 52. Pour L. Bubenicek, il s'agirait d'un composé complexe de formule (Fe, Mg, Ca, Mn) CO_3.

Si la liaison entre Fe, Mg et Mn est irréfutable, les analyses montrent que la chaux est plutôt combinée au phosphore, alors que rien ne permet d'établir une corrélation entre la chaux et le fer ferreux.

La chlorite.

Celle des minerais normands est une chlorite verte dont la composition chimique n'est pas déterminée. Cette chlorite serait, d'après A. Lacroix, une bavalite.

Aux constituants ferrifères principaux s'associent les espèces minérales suivantes, plus rares :

La magnétite.

« Dispersée dans les niveaux de potentiel de réduction intermédiaire, ou dans des zones localisées au voisinage de failles, accompagnées de véritables mylonites de minerai » (G. Courty, 1965); c'est le

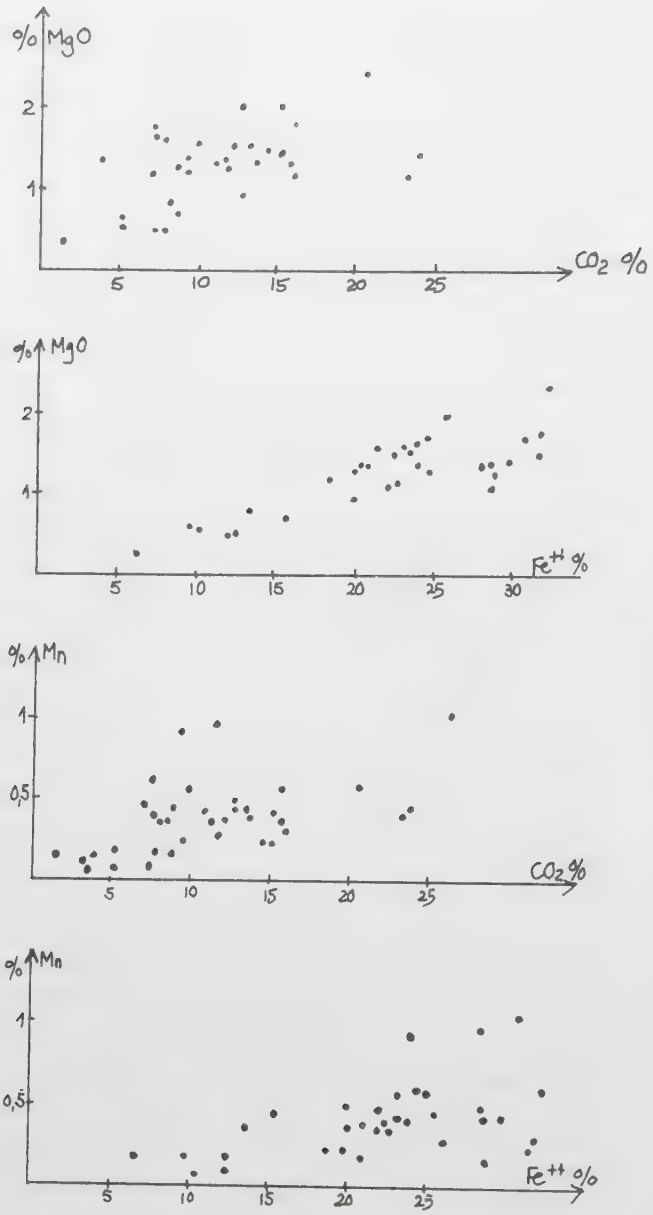


FIG. 52. — Corrélations entre les teneurs en Fe^{++}, CO_2, Mn et Mg (d'après L. BUBENICEK).

cas du « quartier magnétique » d'Halouze « la magnétite se développe d'abord le long des diaclases de la roche; avant d'arriver à la transformation complète, elle laisse à peu près intact le cœur des compartiments de la roche définis par les diaclases. G. COURTY souligne l'origine essentiellement dynamométamorphique de cette magnétite.

La pyrite.

La pyrite constitue des agrégats de cristaux se substituant à des minéraux divers, ou des veinules dans les diaclases.

Les constituants non ferrifères sont essentiellement :

Le quartz.

... qui forme le noyau d'une grande partie des oolithes; on le rencontre également dans la mésostase où « son abondance... semble coïncider assez souvent avec une réduction des processus d'oolithisation » (G. COURTY, 1965).

Le quartz est le plus souvent détritique, mais parfois authigène; il est alors dû à une sidéritisation de la chlorite.

Le rutile.

Comme le quartz, il est soit détritique, soit authigène (H. VINCIENNE, G. COURTY, 1961).

Des sulfures.

Chalcopyrite, galène, blende se rencontrent en fines plages, ainsi que des filaments de graphite, liés souvent à la présence de phosphate de chaux; celui-ci apparaît dans les enveloppes des oolithes, parfois dans les noyaux (Halouze), ou encore en trainées dans la mésostase « comparables à celles décrites par L. CAYEUX (1909) au sein de la craie, et qui passent à leur périphérie progressivement au ciment ordinaire » (G. COURTY, 1965).

2.4. *LES TYPES DE MINERAIS.*

Comme le souligne L. BUBENICEK (1965) la classification suivante représente « un regroupement des échantillons présentant les mêmes minéraux aisément repérables ». Cette classification aboutit à 4 types de minerais (E. RAGUIN, 1958 - M. SCHNAEBELE, 1963).

— Minerais à chlorite-sidérite (Minerais noirs) : Oolithes de chlorite, accompagnée d'un peu de limonite, autour d'un noyau de quartz; ciment schisteux à chlorite et sidérite.

— Minerais à chlorite-sidérite-hématite : Oolithes d'hématite à noyau de quartz, ciment de chlorite-sidérite à petits grains de quartz, ou de sidérite à cristaux engrenés.

— Minerais à hématite (Minerais rouges) : Oolithes d'hématite à noyaux de quartz, ciment de sidérite et d'hématite.

— Minerais à magnétite : Oolithes de magnétite et chlorite, ciment analogue (Quartier magnétique d'Halouze).

2.5. *ORIGINE ET DIAGENÈSE DES MINERAIS.*

Le premier, L. Cayeux (1909) propose un schéma génétique pour les minerais de La Ferrière-aux-Etangs (fig. 53 a). Il admet d'une part une origine primaire des corps oolithiques, d'autre part que le minerai provient d'une métasomatose d'oolithes primitivement calcaires. Les principaux arguments de L. Cayeux sont d'une part la profonde similitude structurale existant entre oolithes calcaires et oolithes ferrugineuses, d'autre part l'origine primaire qu'il attribue à la sidérite.

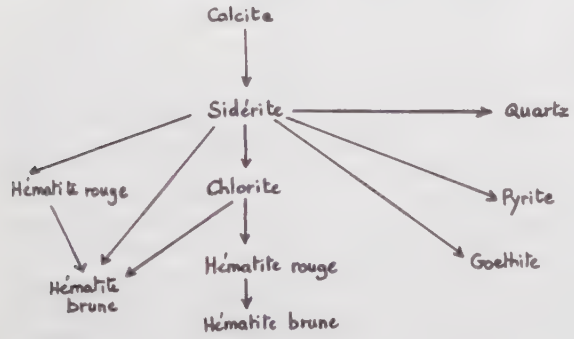


Fig. 53 a. — Evolution minéralogique des minerais de La Ferrière-aux-Etangs (d'après L. Cayeux).

Les travaux de G. Courty ont conduit à démontrer qu'une telle origine est tout à fait improbable; grâce à une minutieuse observation pétrographique, l'auteur montre :

— l'absence totale de calcite dans le minerai;

— l'origine toujours secondaire de la sidérite dans les oolithes qui ne peut donc provenir d'un remplacement du calcium par le fer dans le réseau du carbonate, puisque ses cristallisations oblitèrent la structure oolithique définie par l'oxyde et la chlorite.

— G. Courty met enfin l'accent sur l'absence de toute occurence calcaire dans la série ordovicienne.

Aussi propose-t-il le schéma suivant :

Les oolithes sont d'origine primaire; primitivement sous forme réduite, elles subissent deux stades d'évolution :

— *Un premier stade* (halmyrolyse) désignant l'ensemble des transformations que subissent les oolithes à l'état libre, c'est-à-dire avant d'être englobées dans la mésostase; cette halmyrolyse s'accompagne d'une individualisation d'oxyde.

Montrant (G. Courty, 1964) que « l'oxyde s'est développé après le dépôt de pellicules superposées constitutives d'oolithes » il en conclut que ces oolithes « apparaissent comme formées originellement de silicate ».

C'est à ce stade d'halmyrolyse que G. Courty (1965) rattache l'apparition d'une partie de la sidérite, grâce à « ... une richesse plus grande en gaz carbonique des eaux marines ».

— *Un second stade* (diagenèse), au cours duquel se développe essentiellement une seconde génération de sidérite « ... apparaissant au sein des enveloppes comme l'effet d'une substitution à l'une ou l'autre de ces substances » (l'oxyde et la chlorite).

Le schéma de la figure 53 a résume ce schéma d'évolution.

Pour L. Bubenicek (1965), le schéma est tout différent (fig. 53 b). Montrant, comme G. Courty et L. Cayeux, l'origine primaire de la structure oolithique, il admet par contre que le matériel était originellement entièrement oxydé et que les paragenèses réduites sont dues à la réaction :

$$Fe^{+++} + \text{Matières organiques} \rightarrow Fe^{++}$$

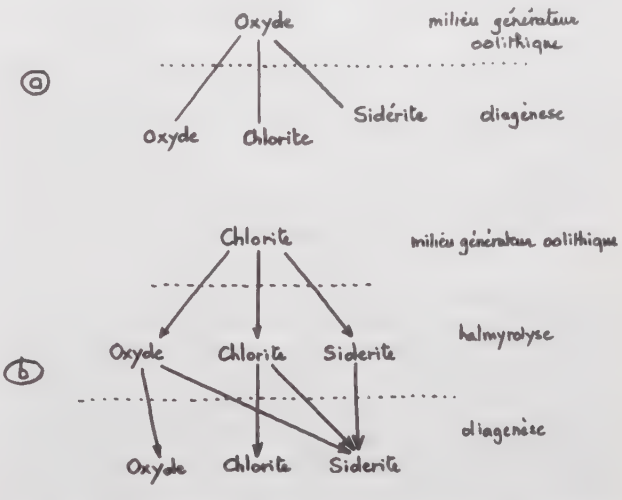


Fig. 53 b. — Origine et évolution des minerais normands, d'après L. Bubenicek (a) et G. Courty (b).

Le schéma de L. Bubenicek présente donc une certaine simplification par rapport à celui de G. Courty, en ce sens que toutes les réactions se résument à une simple réduction, dès l'isolement du milieu générateur oolithique. Le schéma, par contre, n'explique pas la postériorité de l'oxyde par rapport à la chlorite.

C'est essentiellement pour cette raison, que malgré son apparente complexité nous préférons considérer comme le plus certain le schéma de G. Courty, admettant, à partir du milieu générateur, une phase oxydante et carbonatante (halmyrolyse), suivie d'une phase réductrice (diagenèse). C'est seulement à cette seconde phase que peut s'assimiler le schéma de L. Bubenicek.

Chapitre V

LES GISEMENTS DE FER

1. — *CONCESSION DE MORTAIN*

Par une pétition en date du 18.6.1899, MM. Mege et Angée sollicitaient une concession de mines de fer sur le territoire des communes de Saint-Clément, Saint-Barthélémy, Le-Neufbourg, Romagny, Mortain et Bion. Cette concession, dite concession de Mortain (1 250 ha), fut accordée aux demandeurs le 6.1.1902, puis amodiée en 1909 à la Société Française des Mines de Fer, dont la Société des Mines de Saint Rémy possède, depuis 1928, 78 % des actions et 87 % des parts.

L'exploitation débuta en 1913, et prit fin en septembre 1943, avec 2 interruptions, de 1916 à 1922 (1re guerre mondiale) et de 1930 à 1937 (crise économique).

1.1. *TRAVAUX MINIERS ET DE RECHERCHE.*

1.1.1. Travaux des demandeurs en concession (1899)

Les travaux préliminaires de l'exploitation du gîte de Mortain ont tous été de faible importance, et n'ont que peu contribué à la connaissance du gisement. Bien plus, c'est sur des données structurales fausses que fut attribuée la concession : Toutes les recherches relatives au flanc nord du synclinal de Cabremont montraient un pendage des assises de 30 gr Sud, alors que la couche est ici subverticale. Aussi faut-il accueillir avec la plus grande prudence toutes les données des archives : les structures y sont à peine esquissées, les résultats d'analyses chimiques semblent fort exagérés lorsqu'il s'agit des teneurs en fer !

Les travaux comprenaient 12 fouilles ou galeries d'importance très diverse :

1 — Galerie en direction de 80 m.
2 — Fouille de 5 m de profondeur.
3, 4, 5, 6, 7 — Fouilles de quelques mètres.
8, 9 — Puits de 4 à 5 m.
10 — Fouille superficielle.
11 —Puits de 5 à 6 m et galerie de 4 m.
12 — Galerie en direction de 5 m.

1.1.2. Travaux de l'exploitation minière

L'exploitation n'a intéressé que le flanc nord du synclinal de Cabremont. Un puits d'extraction, de 100 m de profondeur, desservait 3 niveaux à — 36, — 66 et — 96 m. Un 4e niveau (— 126) était desservi par une descenderie à partir de la base du puits.

Le tableau suivant donne la longueur approximative des traçages en couche à partir de la base du puits :

Profondeur	A l'Ouest du puits	A l'Est
– 36	700 m	–
– 66	850 m	400 m
– 96	650 m	400 m
– 126	500 m	–

Un niveau intermédiaire (— 18) fut reconnu sur 400 m à l'Ouest. Le minerai fut entièrement exploité à l'Ouest, à l'amont pendage du niveau — 96. L'exploitation, à l'Est, fut menée entre le niveau — 96 et le niveau — 36, sur 80 m, distance à laquelle fut rencontrée une importante zone failleuse. Au-delà, sur 200 m, tout le minerai fut exploité entre les niveaux — 96 et — 66, et sur 100 m entre les niveaux — 66 et — 36.

Le minerai était tantôt exploité par tailles chassantes à niveaux espacés de 10 m selon la pente, tantôt par chambres montantes. 370 000 tonnes furent ainsi extraites entre 1913 et 1943.

Tout à fait à l'Ouest de la concession un puits de recherches (La Delinière) fut foré jusqu'à 30 ou 40 m de profondeur.

1.1.3. Travaux de 1929-1930

Ils ont consisté en 8 sondages (n° 1 à 8); 3 d'entre eux ont cherché à reconnaître l'aval-pendage de la couche (n° 1-2-3) l'un (n° 7) était destiné à déterminer la profondeur du synclinal de Cabremont; les 4 autres étaient implantés à l'intérieur de la zone « hors-concession » entre Mortain et Bourberouge; nous les décrirons au chapitre suivant.

Sondages	Profondeur	Cote du mur	Puissance	Pendage de la couche
1	110	98	0,85	90 gr Nord
2	117	85	5,70	85 gr Sud
3	99	80	5,00	60 gr Sud
7	194	172	4,25	75 gr Sud

Sondages	Minerai grillé		Minerai cru		
	Fe	SiO	Fe	SiO	PF(1)
1	45,0	17,0	36,9	14,5	18,7
2	46,3	17,0	37,3	13,7	17,0
3	44,5	24,0	36,1	19,4	18,5
7	34,0	33,8	29,7	29,3	13,7

(1) PF = Perte au feu

1.1.4. Travaux de 1949-1953

Entrepris par la Société des Mines de Saint-Rémy, du mois d'août 1949 jusqu'en février 1953, ils comprennent 15 sondages totalisant 2 000 m, et une étude géophysique par prospection électrique, réalisée par la C.G.G.

1.1.4.1. Sondages.

Ils ont tous été destinés à déterminer la structure du synclinal de Cabremont : 7 sondages profonds (a, b, c, d, m, n, o) et 8 sondages de bordure (e, f, g, h, i, j, k, l). 4 de ces sondages n'ont pas recoupé la couche, soit par disparition tectonique de celle-ci (e, h), soit parce qu'elle était trop profonde (a, b).

Sondages	Profondeur	Cote du mur	Puissance	Pendage
a	195			
b	383			
c	395	393	2,00	30 gr S
d	430	427	1,85	65 gr S
e	44			
f	32	21	4,00	80 gr N
g	41	36	2,50	65 gr S
h	50			
i	28	13	4,70	55 gr NE
j	65	60	1,75	65 gr NE
k	30	26	1,60	60 gr NE
l	28	37	2,70	60 gr NE
m	255	251	3,50	50 gr S
n	213	121	4,50	55 gr S
		170	4,50	55 gr S
o	302	273	6,00	50 gr S

Sondages	Minerai grillé		Minerai cru		
	Fe	SiO_2	Fe	SiO_2	PF
C	44,0	17,5	35	14	20
d	44,1	20,7	35,5	16,16	19,4
f	36,5	25	30,6	21,1	16,1
g	37,0	24	31,5	20,5	15
i	40,5	26,2	34,5	13,8	14,5
j	42,8	23	34,4	18,1	19,7
k	51,6	13	39,5	10,1	23,5
l	36,4	36,4	30,5	30,15	16,07
m	43,6	18	34,5	14,5	17,4
n	43,0	16,7	34,9	13,7	18,6
	43,06	21,3	34,6	17,5	19,9
o	41,6	20,5	34,2	16,9	18,5

1.1.4.2. Étude géophysique.

Elle a permis de délimiter, avec une bonne exactitude du fait de la forte différence de résistivité existant entre le grés armoricain et les schistes à Calymènes, le contact entre ces deux assises.

Malheureusement, la structure interne compliquée du synclinal de Cabremont n'a pas permis à cette étude de fournir les données structurales qu'on en attendait.

1.2. *PRODUCTION.*

La production totale de la mine de Mortain a été de 370 000 tonnes; les chiffres correspondent à des minerais crus, à 35,5 % de fer et 15,6 % de silice. Après grillage, les concentrés marchands titraient 44 % de fer pour 19 % de silice.

Les expéditions avaient lieu par chemin de fer jusqu'à Caen et Granville. Malgré la proximité de ce dernier port, la plus grande partie du tonnage était dirigée vers Caen, où le fret était moins cher.

La production, de 8 000 t en 1913, passait à 28 000 t en 1923 et à 45 000 t en 1927; elle s'élevait encore à 28 000 t en 1937.

1.3. *ÉVALUATION DES RÉSERVES.*

1.3.1. Évaluation de 1951

Le tonnage correspondant à une couche de minerai de 3 mètres et de densité 3,4 est évalué à 63 Mt.

En tenant compte des lacunes probables de la continuité de la couche, prises égales à 20 %, le gisement étant assez calme il reste 51 Mt; enfin, en réservant 20 % du minerai pour les stots d'exploitation, faibles dans les dressants mais plus forts au fond du synclinal, le tonnage disponible est de 41 Mt, ainsi réparti :

— 20 à 21 Mt de minerai à 30 à 35 % de fer;
— 20 à 21 Mt de minerai à 35 à 40 % de fer.

En tenant compte d'une perte au feu de 18 %, le tonnage de minerai grillé disponible est de 34 Mt.

1.3.2. Évaluation de 1953

Compte tenu d'une connaissance déjà plus exacte du gisement, celui-ci est divisé en 8 panneaux.

Sondages	Pendage	Longueur d'affleurement	Profondeur	Puissance	Mt
1	75 gr	850 m	0-500 m	2,50	2
2	75 gr	4 300 m	0-500 m	2,75	18
3	75 gr	1 500 m	0-200 m	2,75	3
4	55 gr	1 000 m	0-200 m	2	1
5	55 gr	1 200 m	0-200 m	2	2,5
6	20 gr	2 500 m	0-200 m	2,50	11,5
7	0	1 500 m	200 m	4	9,5
8	0		200 m	2	3

Soit un total de 50,5 Mt. En réservant 20 % de stots et 20 % de lacunes de la couche, il reste 32 Mt de minerai cru correspondant à 26 Mt de minerai grillé.

1.4. *NOUVELLES DONNÉES SUR LE GITE DE MORTAIN* (planche 2).

Rappelons brièvement les résultats acquis aux chapitres précédents.

1.4.1. Structure

Les schistes à Calymènes forment le cœur d'un bassin synclinal (Synclinal de Cabremont) affecté par d'importantes failles longitudinales. La figure 54 rappelle les 3 coupes fondamentales établies à partir des données des sondages; nous y avons joint une 4e coupe (b') déduite des précédentes, et interpolant les traits structuraux du synclinal de Cabremont entre les coupes b et c.

A partir de ces coupes, nous pourrons définir ce que nous appellerons le *coefficient de retrécissement* rapport de la longueur développée de la couche minéralisée à la distance séparant, dans le plan de coupe, les affleurements extrêmes de la couche; ce coefficient, inférieur à 1 dans le cas d'une structure de détente en horsts et grabens est supérieur à 1 dans le cas d'une zone plissée.

La connaissance de ce coefficient va nous permettre de calculer, en fonction de la surface d'affleurement des schistes à Calymènes, la surface réelle de la couche minéralisée.

1.4.2. Minéralisation

La carte des teneurs, établie précédemment (Planche 2) laisse apparaître une symétrie de la richesse du minerai par rapport à un axe coïncidant sensiblement avec la limite septentrionale de la structure primaire(Du moins dans la concession de Mortain). Le long de cet axe, les teneurs décroissent d'Ouest en Est. La puissance de la couche minéralisée, élevée et constante (4 m environ) dans toute la partie orientale du gîte, est plus faible à l'extrémité orientale du synclinal de Cabremont (2 m).

1.4.3. Essai d'évaluation du tonnage disponible

Nous avons divisé la surface d'affleurement des schistes à Calymènes en 7 zones; les 6 premières correspondent au synclinal de Cabremont, la 7e représente les schistes du synclinal du Neufbourg, c'est-à-dire une petite cuvette au sein du grés armoricain, où les pendages sont peu élevés.

1.4.3.1. Calcul de la surface de la couche dans chaque zone.

Soit S_i la surface d'affleurement des schistes à Calymènes dans la zone d'indice i. La structure de cette zone est déterminée par une coupe transversale, le long de laquelle on peut graphiquement calculer le coefficient de retrécissement R_i.

Nous admettrons que la surface totale de la couche dans la zone i est donnée par le produit $S_i \cdot R_i$.

Les données relatives à la puissance de la couche sont très fragmentaires. Nous admettrons qu'à l'intérieur de chaque zone, la puissance e_i est sensiblement constante.

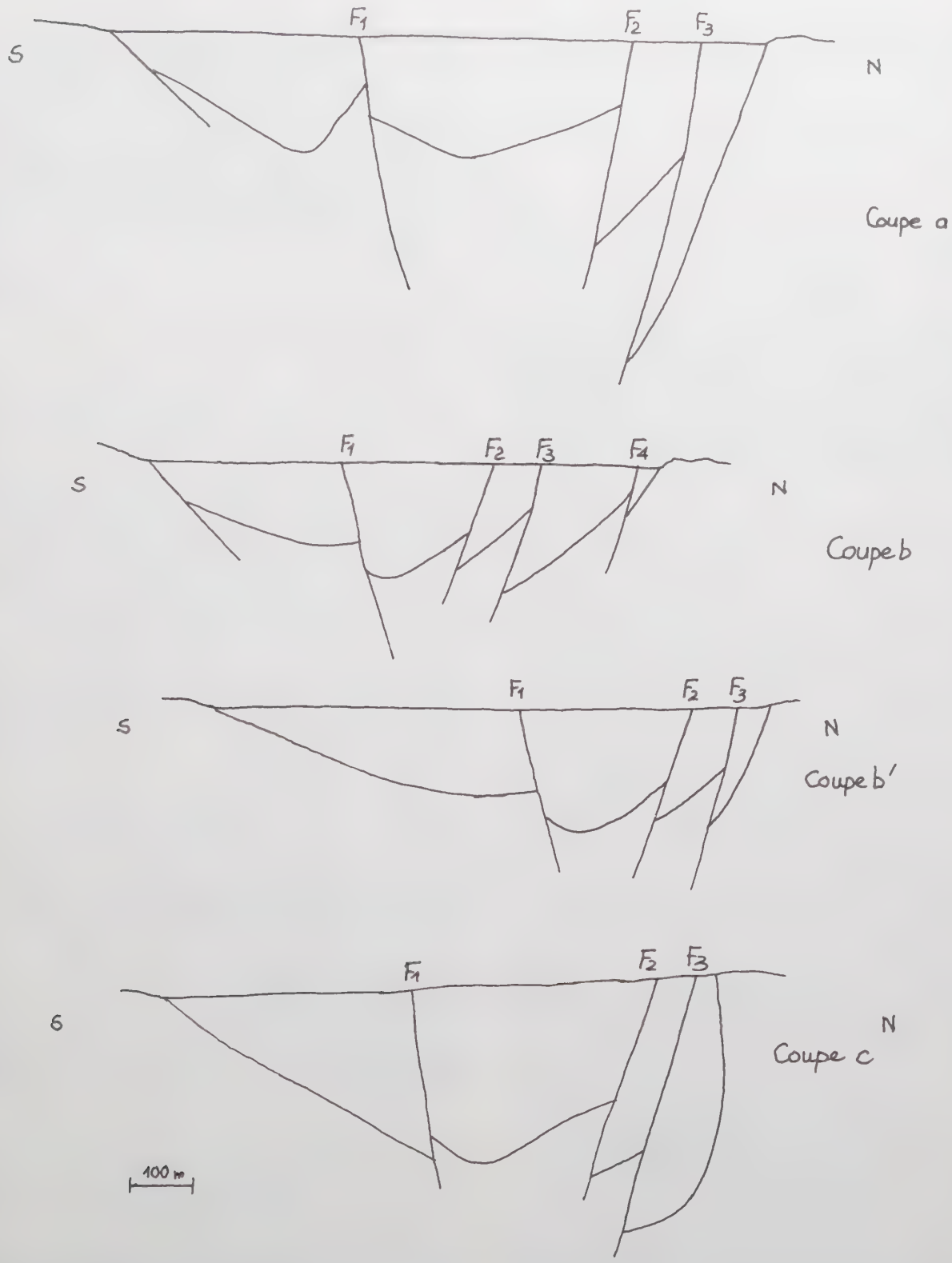


FIG. 54. — Coupes transversales du synclinal de Cabremont.

Dans ces conditions, le tonnage total disponible dans le gîte de Mortain est égal à

$$3,4 \sum_{i=1}^{i=7} (S_i \cdot R_i \cdot e_i)$$

3,4 étant la densité moyenne du minerai.

1.4.3.2. Calcul de la teneur moyenne dans chaque zone.

Le long de chaque coupe définissant la structure de la zone, nous découpons la couche de minerai en tranches de teneurs, les limites de chaque tranche étant définies par la projection verticale sur la couche des courbes d'isoteneurs précédemment établies. Si l_j est la longueur déterminée sur la couche par la tranche de teneur moyenne t_j, nous admettrons que la teneur moyenne pour une zone donnée est égale à

$$\frac{\Sigma\, l_j \cdot t_j}{\Sigma\, l_j}$$

1.4.3.3. Résultats.

Sondages	S_i (m^2)	R_i	e_i	Tonnage (Mt)	Teneur du minerai
1	500 000	1,5	4	10,2	40
2	370 000	1,4	4	8,0	41
3	540 000	1,3	4	9,5	41
4	510 000	1,2	4	8,3	42
5	720 000	1,6	5	19,6	43
6	620 000	1,4	2	5,9	45
7	1 040 000	1,1	2	7,8	40

Les réserves totales s'élèvent à plus de 69 millions de tonnes d'un minerai à teneurs toutefois assez faibles. Ce chiffre serait ramené à 45 Mt si l'on tenait compte, comme précédemment, des lacunes et des stots d'exploitation.

2. — *ZONE HORS-CONCESSION ENTRE MORTAIN ET BOURBEROUGE*

Il est curieux de constater que cette zone hors concession fut l'objet des plus actives recherches, alors précisément que le minerai y présente une qualité fort médiocre, comparée à celle des secteurs voisins de Mortain et Bourberouge. En 1899 déjà, les demandeurs de la concession de Mortain l'avaient incluse dans le périmètre sollicité, et y avaient implanté la moitié de leurs travaux de recherche (fouilles 6 à 10).

Après l'attribution des concessions de Mortain et Bourberouge (1902), 4 pétitionnaires concurrents sollicitent une concession sur le périmètre encore disponible (1910-1912).

2.1. *TRAVAUX DE 1910-1912.*

2.1.1. Travaux de MM. MEGE et MESNIER

Ils faisaient suite aux 8 fouilles de 1899 et de 1901 et qui reconnaissaient le petit bassin de schistes à Calymènes situé à l'Ouest de la faille de l'Ermitage (3 fouilles) et les affleurements minéralisés avoisinant les fermes de Ruandelles et des Marais (5 fouilles).

Les travaux de 1912 comprenaient 3 puits et 4 sondages (Sondages 21 à 24 sur la planche 2).

Sondages	Localisation	Profondeur	Puissance	Fe	SiO_2
puits 1	Les Marais	4 m	(arrêté dans les schistes)	35,4	28,8
puits 2	Ruandelles	14,20 m			
puits 3	Ruandelles	10,50 m	4,20 m	34,6	28,8
Sondage 21	Les Marais	27,35 m	6,20 m	(minerai grillé)	
Sondage 22	Les Marais	12 m	6		
Sondage 23	Ruandelles	47 m	2,60 m		
Sondage 24	Les Marais	70,82 m	6,39 m		

Les résultats d'analyse sont fournis par le Service des Mines et semblent sous ce rapport dignes de foi, à l'inverse des analyses des pétitionnaires, donnant parfois 42 % de fer sur minerai cru; ils se limitaient pour ces analyses à une petite tranche de la couche, la plus riche.

2.1.2. Travaux de la Société Française des Mines de Fer

Il s'agit de 6 sondages destinés à reconnaître l'avalpendage de la couche entre les Marais et Ruandelles (Sondages n° 11 à 16) et de 12 fouilles superficielles.

Sondages	Localisation	Profondeur	Puissance	Fe	SiO_2
Fouilles 1 à 8	Les Marais		6 m	29,5	30
Sondage 14	Les Marais	39 m	6,50 m	26,5	38
Sondage 15	Les Marais	60,85 m	6 m	29,6	25,4
Fouilles 9 à 12	Ruandelles	1,20 m	3,50 m	39,5	19
Sondage 11	Ruandelles	28 m	3,70 m	14	58
Sondage 12	Ruandelles	19,30 m	4,30 m	(minerai grillé)	
Sondage 13	Ruandelles	9			
Sondage 16	Ruandelles	46 m	2 m		

2.1.3. Travaux de MM. HOUDUCE et consorts

Ils consistent en quelques fouilles superficielles et en 5 sondages (31 à 35) :

Sondages	Localisation	Profondeur	Puissance	Fe SiO_2
Sondage 31	Les Marais	32 m	5,30 m	
Sondage 32	Les Marais	72,50 m	5,60 m	
Sondage 33	Ruandelles	38,50 m	2,50 m	
Sondage 34	Ruandelles	29,30 m	1,30 m	
Sondage 35	Bonvoisin	24,85 m	1 m	

Les deux derniers sondages ayant été arrêtés dans le minerai; nous ne connaissons pas les résultats des analyses.

2.2. *TRAVAUX DE 1929-1930.*

Sondages	Profondeur	Cote du mur	Puissance	Pendage
4	104	97	2,60	20 gr E
5	95	77	2,30	20 gr E
6	220	200	2,30	20 gr E
8	163	141	2,80	30 gr E

Sondages	Minerai grillé		Minerai cru		
	Fe	SiO_2	Fe	SiO_2	PF
4	31,0	40,0	26,0	33,4	17,2
5	37,0	29,5	31,4	24,8	15,8
6	39,0	24,5	32,8	20,5	15,9
8	35,2	32,7	30,0	27,8	14,8

Il s'agit de 4 des 8 sondages exécutés sur la concession de Mortain par la Société Française des Mines de Fer.

2.3. *CONCLUSIONS.*

Tous les travaux ont entamé une couche de faible teneur en fer (30 % sur minerai grillé) et dont la puissance, élevée près de la ferme des Marais (6 m) se réduit à 2 ou 3 m vers Ruandelles.

L'examen des courbes d'isoteneurs montre que les affleurements minéralisés correspondent au flanc sud-ouest d'un chenal de plus fortes richesses, dont l'axe correspond à des zones trop profondes pour être accessibles à des sondages courts (< 100 m) l'axe du chenal est situé à l'aplomb d'affleurements de grès de May, c'est-à-dire que la profondeur de minéralisation est d'au moins 200 m.

Nous avons vu au chapitre précédent que la largeur d'un tel chenal — pour une teneur supérieure à 40 % Fe —, est d'environ 2 000 m. Dans ces conditions, si l'on se limite au Nord-Ouest à la 1re zone de cubage, et au Sud-Est au ruisseau de Bourberouge, la surface minéralisée — à plus de 40 % — est d'environ 8.10^6 m². Compte tenu d'une puissance de 3 m, d'une densité de 3,4, et d'un coefficient de rétrécissement de 1,2 (correspondant à des plissements de faible intensité), on obtient un chiffre voisin de 100 millions de tonnes de minerai à teneur supérieure à 40 % de fer.

Ce chiffre, rappelons-le, n'est obtenu qu'à partir de l'hypothèse de la continuité du chenal ferrifère entre Mortain et Bourberouge.

3. — *CONCESSION DE BOURBEROUGE*

C'est, en même temps que la concession de Mortain que fut attribuée celle de Bourberouge, le 6.1.1902, à M. de Failly ancien propriétaire du haut-fourneau éteint en 1861.

Cette concession (1322 ha), s'étendait sur le territoire des communes de Bion, Saint-Jean-du-Corail, Barenton, Rancoudray, Ger, Saint-Clément et Saint-Georges-de-Rouelley.

La concession fut amodiée en 1909 à la Société Française des Mines de Fer, pour une durée de 30 ans. Cette société, après des travaux préparatoires en 1909-1910, exploita le minerai de 1911 à 1914. Les travaux d'extraction furent définitivement arrêtés le 20.8.1914.

3.1. *TRAVAUX MINIERS ET DE RECHERCHE.*

3.1.1. Travaux de la demande en concession (1899)

Contrairement à la région de Mortain, les zones minéralisées de Bourberouge étaient bien connues depuis longtemps (au moins depuis le 18e siècle). Les travaux de recherche ne font que préciser, en 1899, les caractères de la couche minéralisée en différents points : à l'Ouest de la vallée de Bourberouge (Montagne de l'Averne), et en 4 points à l'Est (Beauchamp, Doumont, Berdalier et Boussentier, tout à fait à l'Est de la concession).

Seuls travaux de quelque importance, ceux de Boussentier consistaient en 2 descenderies, de part et d'autre de la route Barenton-Ger. La descenderie est, de 20 m de profondeur, retrouvait une ancienne exploitation par piliers abandonnés, jusqu'au voisinage de la route.

3.1.2. Travaux de 1907-1914

Ce sont les travaux de l'exploitation minière proprement dite (Mine de Berdalier).

Une descenderie en couche de 150 m de longueur desservait 5 niveaux à 30, 60, 90, 120 et 150 m, reliés entr'eux par des montages de 50 en 50 m. Les traçages en couche étaient limités à 240 m à l'Ouest et à 180 m à l'Est de la descenderie, aux différents niveaux. Les dépilages furent entrepris en 1913 dans les niveaux supérieurs.

3.1.3. Travaux de 1936-1938

Ils comprennent 17 puits et 4 sondages, implantés entre Bourberouge et Berdalier, et totalisant 260 m.

Sondages	Profondeur	Pendage	Cote du mur	Puissance
1	93 m		sondage négatif	
2	41 m	10°	37 m	2,30 m
3	89 m	55°	84 m	4,00 m
4	38 m	10°	30 m	3,00 m

Sondages	Minerai cru		
	Fe	SiO_2	PF
1	36,85	15,5	21,9
2	38,2	10,3	23,1
3	35,4	16,4	21,65
4			

3.2. *PRODUCTION.*

L'exploitation s'est poursuivie de 1911 à 1914, après les travaux préparatoires de 1908-1910. Plus de 100 000 tonnes ont été extraites (1908 : 1 550 t, 1909 : 10 525 t, 1910 : 8 197 t, 1911 : 10 500 t, 1912 : 30 000 t, 1913 : 30 000 t, 1914 : 15 000 t).

L'extraction avait lieu au moyen d'un treuil à vapeur en tête de la descenderie. Le minerai extrait, traité dans 2 fours de grillage, était expédié jusqu'à la gare des Landes, sur la ligne Domfront-Avranches, par un chemin de fer Decauville de 4800 m.

La mine et l'usine employaient 150 ouvriers.

3.3. *NOUVELLES DONNÉES SUR LE GISEMENT DE BOURBEROUGE* (planche 3).

D'importantes failles transversales définissent entr' elles un certain nombre de panneaux.

— Panneau de Bourberouge, entre la montagne de l'Averne et la faille de Beauchamp;

— Panneau de Doumont-Grémont, entre la faille de Beauchamp et la faille de Berdalier;

— Panneau de Berdalier, entre la faille de Berdalier et la faille de la Fieffe de l'Etang;

— Panneau de Boussentier, entre la faille de la Fieffe de l'Etang et la route Barenton-Ger.

Les caractères communs aux différents panneaux ainsi délimités sont essentiellement :

— une teneur en fer toujours élevée, au moins aux affleurements et qui décroît vraisemblablement vers le Nord : La limite du chenal à 40 % de fer, sur minerai grillé, est sensiblement parallèle à la ligne des affleurements, et distante de celle-ci d'environ 1 km;

— une profondeur toujours faible pour la couche minéralisée. Dans la zone située au Sud de la limite des minéralisations à 40 % de fer, les terrains les plus récents que l'on rencontre sont les grès de

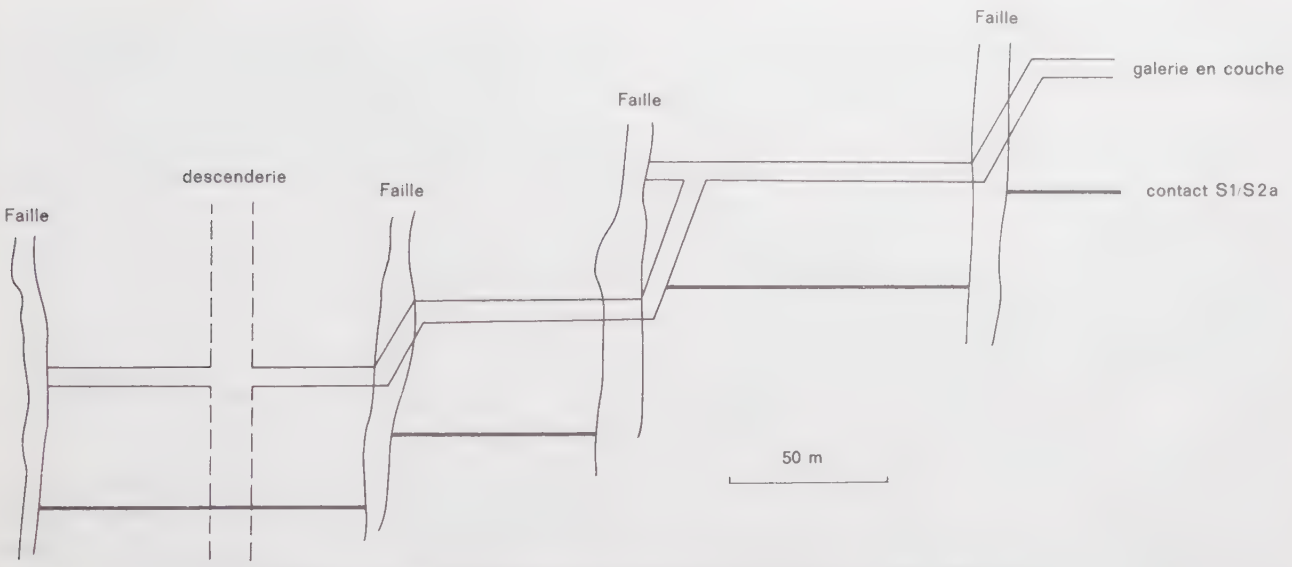


FIG. 55 a. — Coupe schématique horizontale par le niveau — 60 à Berdalier.

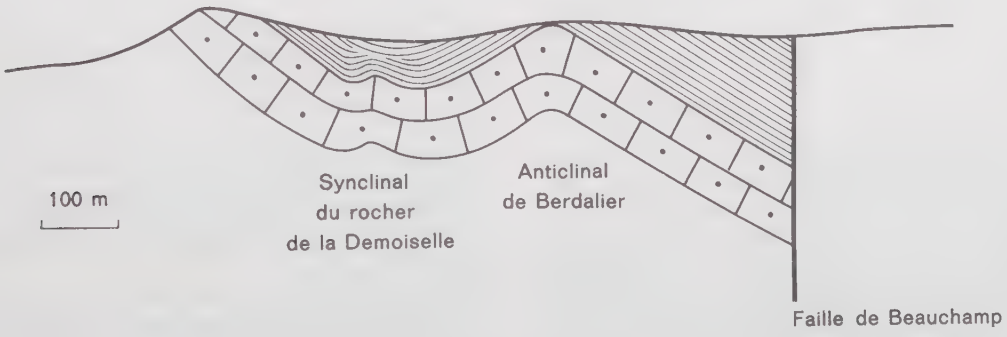


FIG. 55 b.— Coupe N.NW-S.SE du panneau de Doumont-Grémont.

May; or 300 m à peine séparent le sommet de ces grès de la couche minéralisée;

— l'existence de failles nord-sud, jouant en sens inverse du plongement axial des plis; ces failles souvent importantes — comme celles qui définissent les différents panneaux — s'accompagnent de petites fractures à faible rejet compliquant l'exploitation (Fig. 55 a, mine de Berdalier).

3.3.1. Panneau de Bourberouge

La couche de minerai, de faible puissance (1,50 à 1,70 m) affleure à 100 m au Nord du grès armoricain formant la limite sud de l'ensemble primaire; elle se suit vers l'Est sur plus de 1 500 mètres. Le pendage y est modéré (30 à 40 gr).

Près de la faille de Beauchamp, la bande de grès armoricain décrit une double courbe correspondant au double pli anticlinal et synclinal de Berdalier et de la Demoiselle.

Les pendages doivent vraisemblablement diminuer vers le Nord, puisque les grès de May qui affleurent près de Rancoudray sont horizontaux. Un petit anticlinal portant à l'affleurement les schistes à Calymènes se dessine même au Sud de Rancoudray.

Si l'on adopte le chiffre de 1,60 m comme puissance moyenne de la couche, le tonnage correspondant est de 11,5 Mt, pour une surface minéralisée de $1{,}8.10^6$ m^2 et un coefficient de rétrécissement de 1,2.

3.3.2. Panneau de Doumont-Grémont

La structure de ce second panneau est entièrement déterminée par l'existence du double pli synclinal-

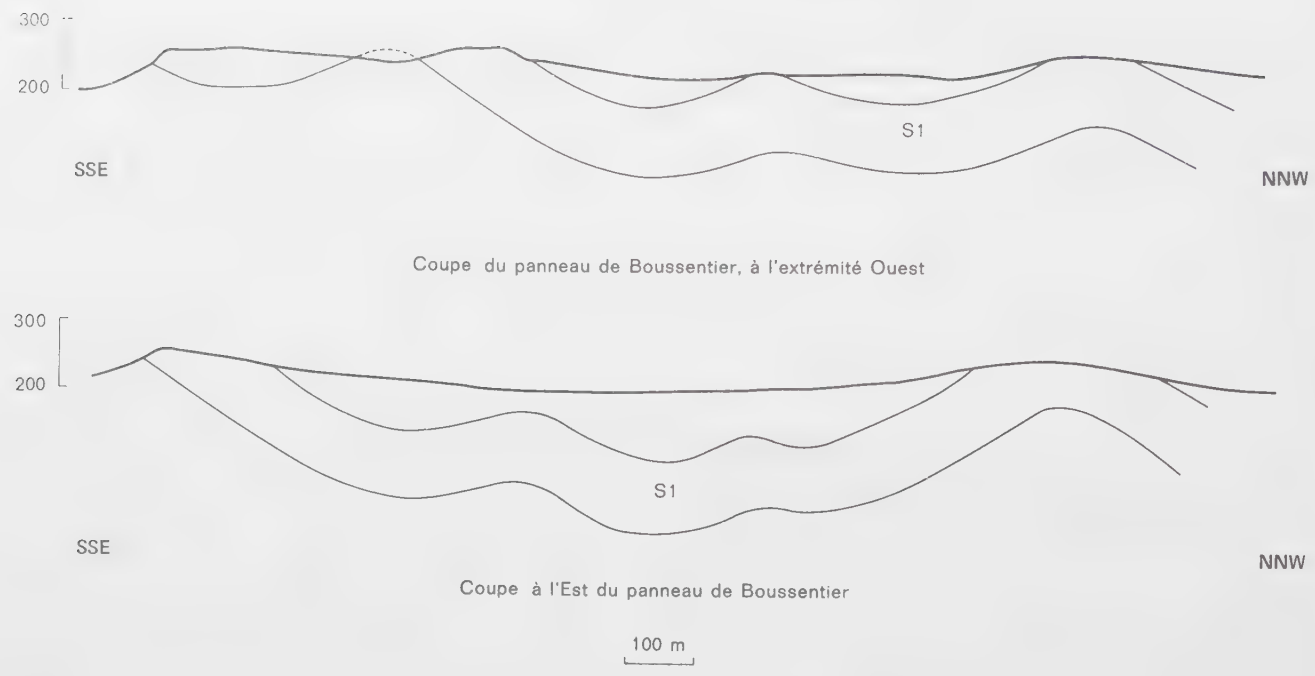


FIG. 56. — Panneau de Boussentier.

anticlinal du Rocher de la Demoiselle et de Berdalier. Vers le Nord, la limite des minéralisations à 40 % Fe (minerai grillé) se situe à environ 1 km du grès armoricain.

Une coupe N.NW-S.SE, tangente à l'extrémité orientale de la colline de Grémont, met en place les éléments de la structure (fig. 55 b). Cette coupe définit dans le panneau un coefficient de rétrécissement de 1,2.

Le minerai, bien reconnu par les travaux de 1936-1938, possède une puissance comprise entre 2,30 m et 4 m (moyenne 3 m). La surface minéralisée est voisine de 900 000 m², et le tonnage correspondant est voisin de 11.10^6 tonnes.

3.3.3. Panneau de Berdalier

L'anticlinal de Berdalier porte à l'affleurement, dans tout le panneau, le grès armoricain et le Briovérien en son cœur. Il sépare de ce fait 2 zones minéralisées distinctes :

— Au Sud, le bassin de schistes à Calymènes du cœur du synclinal de la Demoiselle;

— Au Nord, les schistes à Calymènes du flanc nord de l'anticlinal de Berdalier (pendage 40 gr Nord).

La couche minéralisée, très semblable à celle de Grémont tant en puissance (3 m) qu'en teneur, a une superficie réelle, jusqu'à la limite nord des minéralisations à 40 % Fe (grillé) :

— de 150 000 m² dans le synclinal de la Demoiselle (coefficient de rétrécissement = 1,4); correspondant à 2 Mt de minerai;

— de 800 000 m² au Nord de l'anticlinal de Berdalier (coefficient de rétrécissement = 1,2) représentant 10 Mt de minerai.

Le tonnage total ainsi disponible est de 12 Mt.

3.3.4. Panneau de Boussentier

Ce panneau possède au Nord une limite naturelle, puisque la limite de la minéralisation à 40 % Fe coïncide ici avec le grès armoricain de l'anticlinal de la Verrerie.

La structure est simplement synclinale, compliquée toutefois de 2 petits replis anticlinaux (Fig. 56).

La minéralisation n'est connue qu'en 2 secteurs par les travaux miniers.

— Au flanc nord du synclinal, près de la Verrerie.

— A l'extrémité sud-est du panneau, près de la route Barenton-Ger, la couche y a une grande puissance, et des teneurs élevées (3,50 à 4 m de minerai à 48 % Fe).

La limite orientale de la minéralisation n'est pas

connue; nous nous limiterons arbitrairement à la route Barenton-Ger.

Dans ces conditions, il est possible de chiffrer les réserves de minerai :

— la surface minéralisée est de 3 100 000 m^2;

— le coefficient de rétrécissement est faible, voisin de 1,1;

— la puissance moyenne de la couche est égale à 3,50 m.

Le calcul nous conduit alors au chiffre de 40 Mt.

3.4. *CONCLUSIONS.*

Le gîte de Bourberouge se révèle donc comme de grande importante par ses réserves de minerai :

Bourberouge	11,5 Mt
Doumont-Grémont	11 Mt
Berdalier	12 Mt
Boussentier	40 Mt

Soit au total près de 75 Mt de minerai, tonnage sensiblement équivalent à celui démontré à Mortain; mais nous nous sommes limités de façon très arbitraire vers le Nord et vers l'Est, et le tonnage réel est sans doute plus élevé.

L'ensemble Mortain-Zone hors concession-Bourberouge recèle en définitive, plus de 240 Mt de minerai à teneur supérieure à 40 % de fer (minerai grillé).

4. — *CONCESSION DE LARCHAMP*

Par une pétition en date du 20.10.1901, la Société Minière de Basse Normandie sollicitait une concession de mines de fer sur le territoire des communes de Chanu, La-Chapelle-Biche, Saint-Clair-d'Halouze et Larchamp; 440 ha furent effectivement concédés le 10.4.1903.

Mis en valeur à partir de 1907, le gisement fut exploité jusqu'en 1914, puis de 1920 à janvier 1932. Tous les travaux sont actuellement noyés.

4.1. *TRAVAUX MINIERS.*

4.1.1. Travaux de la demande en concession

Ils comprenaient 3 puits, régulièrement espacés le long des affleurements de la couche minéralisée.

— A l'Est, le puits Gévelot, de 8 m de profondeur, reconnaissait une couche de 6,50 m, par un petit travers-banc de 9 m creusé à partir de la base du puits.

— Le puits du Vieux-Fourneau, d'une douzaine de mètres de profondeur, était complété par une galerie en direction de 15,50 m débouchant dans d'anciens travaux souterrains.

— Le puits des Hutereaux, à l'Ouest, foncé à 20 m au Nord des affleurements, et profond de 8 m, était complété par un travers-banc de 15 m vers le Sud et une petite descenderie en couche de 6,50 m, à l'extrémité du travers-banc.

4.1.2. Travaux de l'exploitation minière

Un puits (puits Gévelot) de 105 m desservait les étages 223 (—40), 193 (—70) et 163 (—100); un bure desservait en deçà l'étage 125 (—138). Les niveaux étaient tracés en couche sur 1600 m (223), 1300 m (193), 1200 m (163) et 250 m (125).

4.2. *PRODUCTION.*

Equipée pour une extraction de 300 000 t/an, la mine ne fournit jamais plus de 500 t/jour. Régulièrement croissante de 1920 à 1928, la production fut brutalement arrêtée en 1932 (Crise économique). L'exploitation se faisait par tranches horizontales montantes avec remblais complets, parfois complétées par abandon de piliers de protection.

4.3. *NOUVELLES DONNÉES SUR LE GITE DE LARCHAMP* (fig. 38).

4.3.1. Structure

Le gisement est divisé en deux parties par une faille longitudinale est-ouest :

— Au Sud, seul secteur attaqué par les travaux miniers, la structure est fort semblable à celle d'Halouze : Couche formant au Sud un dressant subvertical, se tordant à faible profondeur (100 m) pour faire suite vers le Nord à un bombement anticlinal portant la couche à l'affleurement au lieu-dit Le Gros Four.

— Au Nord de la faille est-ouest, la couche est interstratifiée dans un panneau monoclinal, à penda-

ges assez forts (50 à 60 gr Nord) à l'affleurement, et diminuant peut-être en profondeur.

4.3.2. Minéralisation

La puissance de la couche, dans les anciens travaux est voisine de 7 m; il est vraisemblable qu'elle augmente vers le Nord, puisqu'on se trouve au Sud du chenal ferrifère d'Halouze; la puissance est du reste voisine de 9 m au Gros Four. La teneur est toujours élevée, 50 % sur minerai grillé.

4.3.3. Conclusions

— Dans la partie sud du gisement, la surface minéralisée est voisine de 170 000 m² correspondant à un tonnage de 5,2 Mt (Puissance moyenne 7 m, coefficient de rétrécissement 1,3, densité du minerai 3,4).

— Dans la partie nord, la surface minéralisée est de 1 200 000 m², et le pendage de 50 à 60 gr correspond à un coefficient de rétrécissement de 1,5; la puissance est sans doute voisine de 9 m; le tonnage correspondant est de 55 Mt.

5. — *CONCESSION D'HALOUZE*

La Société Civile de Recherches de Mines de Fer en Normandie sollicite, le 27.9.1882, une concession de mines de fer sur le territoire des communes de Chanu, Banvou, La Chapelle-Biche, Le Chatellier, Larchamp et Saint-Clair-d'Halouze. 1 210 hectares sont concédés le 8.4.1884.

La concession est vendue le 1.3.1903 à la Société des Aciéries de France, qui en fait apport le 16.4.1929 à la Société Chatillon-Commentry-Neuves-Maisons.

L'exploitation, limitée à la zone orientale de la concession (La Bocagerie) de 1908 à 1914, reprend en 1918 dans la partie centrale de la concession, et n'a pas connu d'interruption depuis cette date.

Le 22.11.1945, la superficie de la concession est portée à 1 473 ha, par extension au Nord et à l'Est.

5.1. *TRAVAUX MINIERS ET DE RECHERCHE.*

5.1.1. Travaux de la demande en concession

Le gîte d'Halouze, connu depuis fort longtemps, fut concédé en grande partie sur la foi des anciens documents; les seuls travaux des demandeurs consistaient en un puits de 25 m de profondeur, du fond duquel un travers-banc recoupait la couche à 38 m. Les travaux montraient le fort pendage (70 gr) de celle-ci dans la partie centrale de la concession.

5.1.2. Travaux de 1905-1914

Localisés à la Bocagerie, ces travaux comprenaient une descenderie reliant la surface du sol (cote 220) à 3 niveaux d'exploitation (215, 194, 171), la couche étant dans ce secteur pentée à 50 gr vers le Sud.

Ces niveaux furent tracés vers l'Est sur 550 m (171), 500 m (194) et 100 m (215). Les dépilages, complets entre les niveaux 215 et 194, ne furent que partiellement effectués dans les niveaux inférieurs.

Deux puits, enfin, respectivement situés à 240 et 380 m à l'Est de la descenderie, reliaient la surface au niveau 194.

De cette époque date l'installation, à la Bocagerie, des fours de grillage; cette implantation subsiste à l'heure actuelle, en dépit du report des centres d'extraction au milieu de la concession.

5.1.3. Travaux de l'exploitation minière

5.1.3.1. Travaux miniers.

De 1918 à 1936 sont seuls exploités les niveaux minéralisés subverticaux de la partie méridionale du synclinal d'Halouze. En 1937 débute l'exploitation de la zone de plateure en structure anticlinale.

3 puits (n° 1, 190 m, n° 2, 190 m, n° 1 bis, 365 m) desservent les étages 180, 204 et 240 dans la zone des dressants; la couche en plateure est recoupée par 2 travers-bancs au niveau 240 (le puits 1 bis ne sera mis en service qu'en avril 1954).

5.1.3.2. Travaux de recherche.

Entrepris entre 1929 et 1931, une campagne de prospection par résistivités, contrôlée par 5 sondages, permettent la reconnaissance de la structure du synclinal d'Halouze.

5.1.3.2.1. *Prospection électrique.*

Déterminant avec une bonne précision la répartition des masses de grès de May et de schistes à Calymènes, elle permit de définir la structure immédiatement au Nord des exploitations. La partie nord de la concession, où affleurent les schistes supérieurs et le grès

culminant, électriquement mal différenciés, restait toujours très mal définie.

5.1.3.2.2. *Sondages.*

Précédés d'une série de 29 fouilles, les sondages démontrèrent l'hypothèse du bombement anticlinal médian, ainsi que la meilleure qualité de la couche dans la zone correspondante.

Sondages	Profondeur	Cote du mur	Pendage	Puissance	Fe	SiO_2	PF
1	237,10	206,75	37 gr NE	5,00 m	38,70	12,26	19,94
2	229,65	174,75	22 gr S	8,75 m	37,89	13,74	20,01
3	356,75	311,85	20 gr NE	8,75 m	40,38	18,65	13,82
4	249,40	242,65	17 gr S	12,50 m	40,80	13,35	17,19
5	308,05	290,50	17 gr N	4,00 m	39,52	14,20	18,17

5.1.3.2.3. *Sondages récents.*

Sondages	Profondeur	Cote du mur	Pendage	Puissance	Fe	SiO_2	PF
7	130,15	129,00		6,40 m	38,90		18,73
8	282,90	275,50		7,75 m	38,45	14,31	17,14
9	139,80	139,40		9,60 m	39,05	13,84	17,77
11	323,10	couche non rencontrée					
14	83,50	arrêté dans une zone failleuse		5,70 m	39,90	11,45	17,00

Il s'agit de 5 sondages destinés à déterminer la profondeur de minéralisation à l'Ouest de la concession. Ces sondages montrent l'existence de failles longitudinales à fort rejet.

5.2. *PRODUCTION.*

Elle subit les fluctuations de la production générale du fer normand, particulièrement en 1914-1918, 1929-1932 et 1939-1945. La mise en service du puits 1 bis (1954) entraîne une augmentation considérable du tonnage extrait; le tableau ci-dessous correspond à des tonnages de minerai grillé :

1 908	98 000	1 936	97 000	1 960	372 000
1 911	134 000	1 939	126 000	1 961	423 000
1 913	172 000	1 943	86 000	1 962	406 000
1 919	120 000	1 956	312 000	1 963	403 000
1 923	117 500	1 957	334 000	1 964	399 000
1 927	87 000	1 958	348 000		
1 932	50 000	1 959	338 500		

5.3. *NOUVELLES DONNÉES SUR LE GISEMENT* (planche 4).

5.3.1. Structure

Les coupes transversales n° 1 à 5 (Fig. 57, 58, 59) résument l'essentiel de la structure. Un ensemble plissé et affecté de failles directionnelles est-ouest est découpé par des failles de direction N 30. Les failles est-ouest sont au nombre de 2; la plus méridionale d'entr'elles, qui limite au Nord l'exploitation actuelle, possède un rejet voisin de 150 m, et abaisse son compartiment nord; la faille septentrionale a un rejet plus faible, de l'ordre de 50 à 70 m, et joue dans le même sens.

En abaissant la couche minéralisée, ces failles contribuent à limiter la quantité de minerai exploitable en l'amenant à une cote inférieure à celle de la base du puits (cote —100).

Les coupes transversales du gisement nous permettent de construire (pl. 4) la carte des isobathes de la couche minéralisée. Nous n'avons représenté, pour la clarté du schéma, que les isobathes de la partie centrale du gisement, à faibles pendages. La limite sud des courbes correspond alors à la charnière synclinale.

Cette carte montre, outre l'influence des failles longitudinales est-ouest, celle des failles de direction N 30; les failles du Coty et des Champs-Fougeroux, en particulier, limitent une zone effondrée réduisant considérablement la quantité de minerai disponible au-dessus de la cote — 100.

5.3.2. Minéralisation

La puissance de la couche, voisine de 7 m dans les dressants méridionaux, s'élève à 9 m dans la zone centrale à faibles pendages. Le minerai est partout d'excellente qualité (48 et 50 % Fe sur minerai grillé) et cette teneur semble être à peu près constante dans l'ensemble de la concession.

5.3.3. Conclusions

Nous pourrons évaluer le tonnage disponible en tenant compte de la division du gisement en deux zones :

— zone des dressants, au Sud;
— zone de plateure, au Nord.

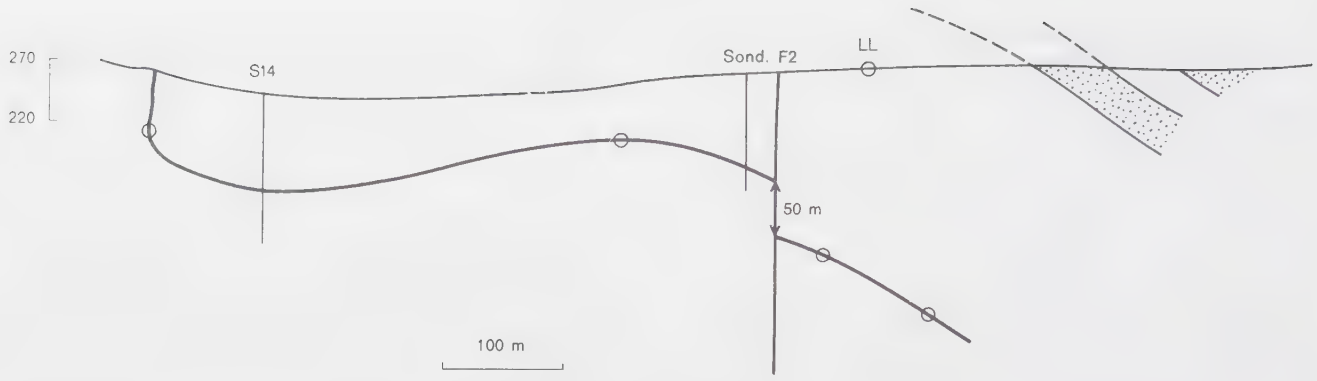


FIG. 57 a. — Coupe 1.

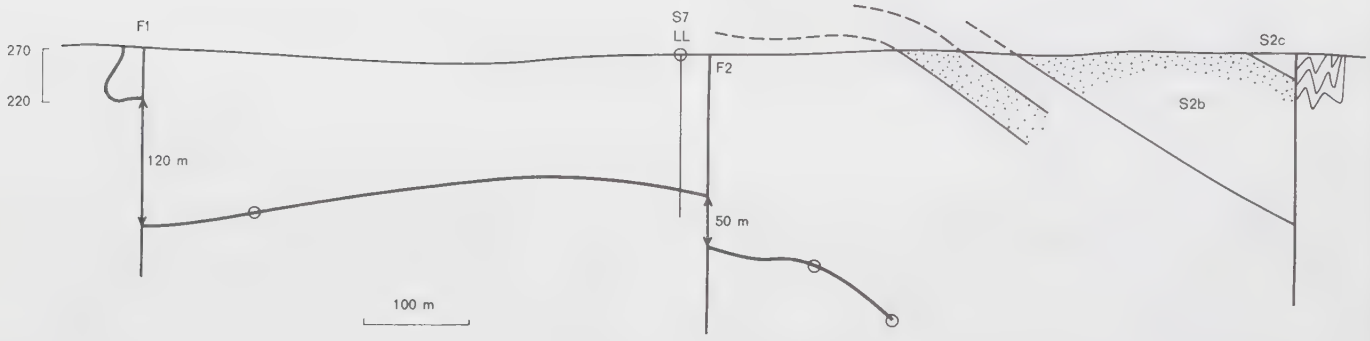


FIG. 57 b. — Coupe 2.

5.3.3.1. Zone des dressants.

A l'Est de la faille du Coty, les dressants sont actuellement presque complètement dépilés, nous n'en tiendrons pas compte dans le calcul des réserves.

Entre les failles du Coty et des Champs-Fougeroux, la longueur d'affleurement est de 600 m, la charnière synclinale se trouve à une profondeur moyenne de 120 m, correspondant à 150 m de hauteur minéralisée, compte tenu du dévers de la couche (60 gr S) le tonnage correspondant est de 2 Mt, pour une puissance de 7 m.

A l'Ouest de la faille des Champs-Fougeroux, sur 400 m de longueur d'affleurement, la charnière synclinale se présente à 100 m de profondeur. Le tonnage est alors de 1 Mt.

Soit au total 3 Mt pour la zone des dressants.

5.3.3.2. Zone de plateure.

La carte des isobathes permet de calculer la surface minéralisée correspondant à la portion de la couche située au-dessus de la cote — 80 (soit quelques mètres au-dessus de la base du puits). Cette surface est d'environ 2 700 000 m².

La puissance de la couche étant prise égale à 9 m, et le coefficient de rétrécissement à 1,3 (correspondant aux faibles pendages mais aux recouvrements de couches dus aux failles inverses) le tonnage est de 107 Mt.

De ce chiffre, il faut déduire la minéralisation déjà exploitée, correspondant à environ 20 Mt de minerai en place.

La minéralisation totale disponible, dans ces conditions, dans l'ensemble de la concession d'Halouze, au-dessus de la cote — 80, est de 107 + 3 — 20 = 90 Mt d'un excellent minerai à 48 ou 50 % de fer.

6. — *CONCESSIONS DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS ET DE MONT-EN-GÉROME*

La minéralisation, dans ces 2 concessions contiguës possède des caractères très voisins; les 2 concessions, de plus, font partie du même ensemble structural, aussi les étudierons-nous ensemble.

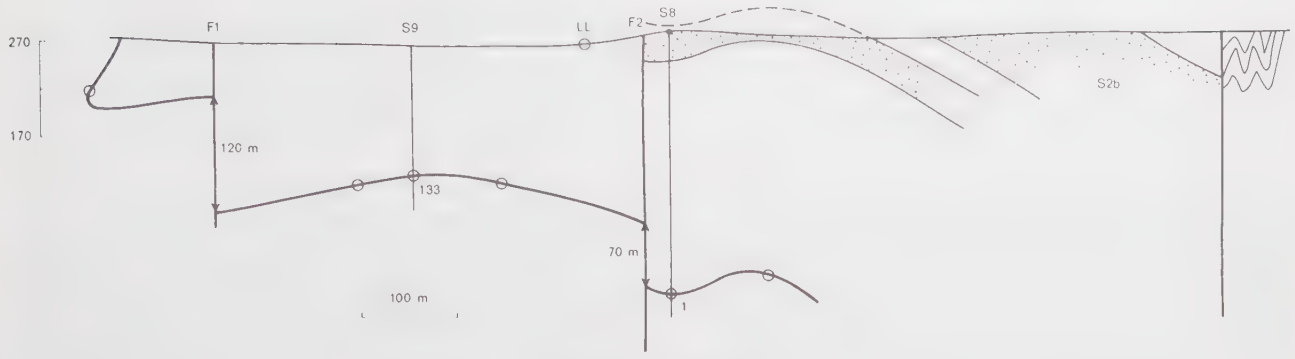


FIG. 58 a. — Coupe 3.

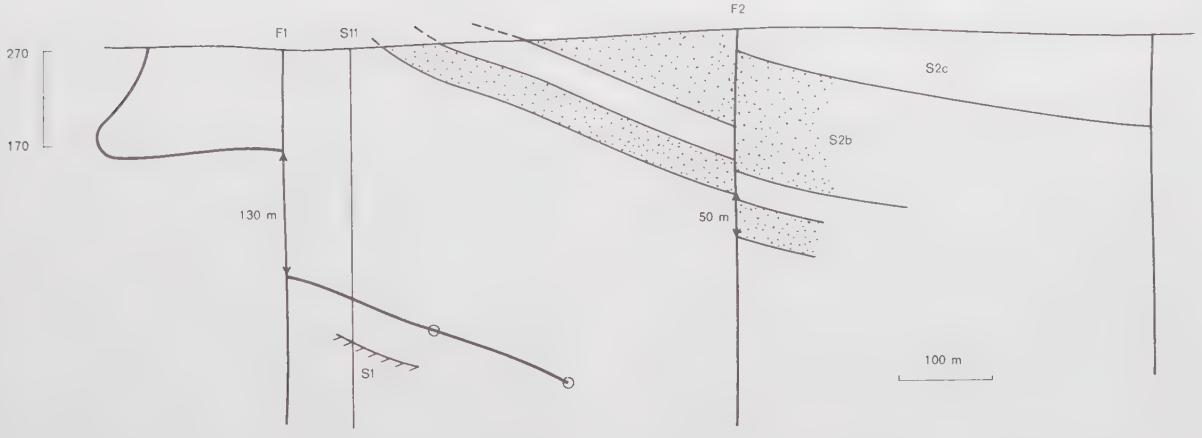


FIG. 58 b. — Coupe 4.

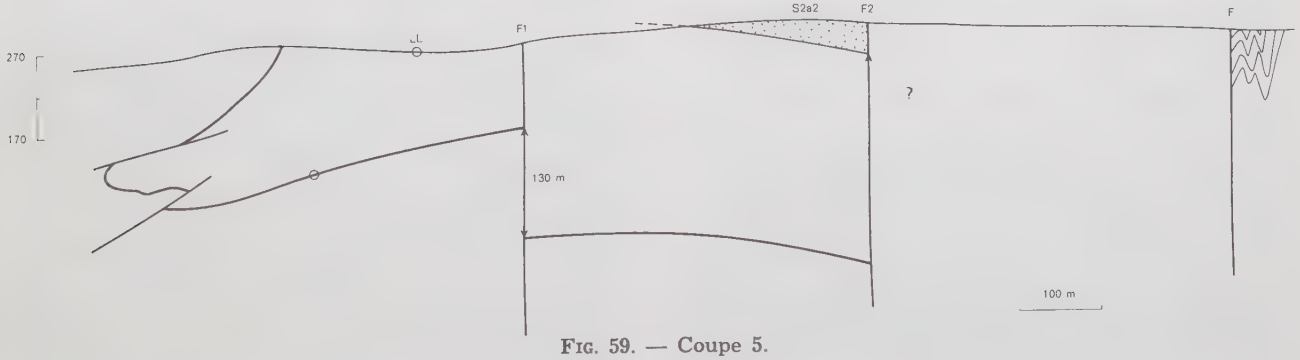


FIG. 59. — Coupe 5.

La Ferrière-aux-Étangs.

Une concession de 1605 ha est accordée le 21.2.1901, à la Société Denain-Anzin, sur le territoire des communes de Saint-André-de-Messei, Banvou, La Ferrière-aux-Etangs, La Coulonche et Dompierre, à la suite d'une pétition en date du 21.12.1898.

Le 7.3.1947 sont concédés 802 ha supplémentaires.

L'exploitation n'a pas connu d'interruption depuis le début du siècle.

Mont-en-Gérôme.

La concession est instituée le 4.8.1903, au profit de la Société des Mines et Forges de Normandie. D'une superficie de 1490 ha, elle s'étend sur le territoire des communes de la Coulonche, La-Sauvagère, Saint-Michel-des-Andaines et Champsecret.

En 1932, la concession est rachetée par la Société Denain-Anzin.

6.1. *TRAVAUX MINIERS ET DE RECHERCHE.*

6.1.1. La Ferrière-aux-Étangs

6.1.1.1. Travaux de la demande en concession.

Les travaux les plus importants étaient localisés à la limite nord de la concession (région de la Fonte, près de la Varenne) et à la Fieffe, siège de l'actuelle exploitation.

6.1.1.1.1. *Travaux de la Fonte.*

Ce sont les seuls travaux ayant précisé les caractères de la minéralisation dans ce secteur; ils comprenaient :

— un puits de 23 m (Puits Saint-Jules) de la base duquel un travers-bancs de 10 m se dirigeait vers la couche de minerai; un faux puits de 7,20 m était alors creusé en couche (ici verticale) et 2 galeries en couche (13,80 m vers le Sud-Est et 16,10 m vers le Nord-Ouest) reconnaissaient, à partir de la base du puits, la couche de minerai;

— une galerie (Galerie de la Fonte) percée à partir de la cote 202 sur la rive gauche de la Varenne. Poussée à 23 m dans les schistes du toit, elle rencontrait des « traces ferrugineuses de plus en plus importantes ».

Le minerai rencontré au puits Saint-Jules, sur une puissance de 2 m, était un « minerai caverneux, chargé de limonite, avec par place un minerai oolithique à hématite ».

6.1.1.1.2. *Travaux des Minières et de la Fieffe.*

2 fouilles, aux affleurements, et 2 galeries en direction (Saint-André au Nord, Saint-Robert au Sud) montraient l'existence d'une couche de 2,50 m de minerai à pendage Est de 40 à 45 gr. La coupe de la couche minéralisée montrait l'alternance de niveaux oolithiques noirs et rouges compris entre un banc de grès au mur et les schistes à Calymènes au toit. Les analyses donnaient 41,4 % de fer pour 10,2 de silice et 27,2 (?) de perte au feu.

Entre les travaux des Minières et ceux de la Fonte, deux puits démontraient la continuité de la couche minéralisée.

Puits Saint-Jean.

Foncé au Nord du village de La Ferrière, jusqu'à 16 m, dans les schistes du toit, il permettait de reconnaître une couche de 2,25 m par l'intermédiaire d'un petit travers-banc de 4 m prolongé par une galerie en direction de 7,50 m.

Puits Saint-Léopold.

Il s'agissait d'un puits de 14 m prolongé par un travers-banc de 6,70 m, foncé à peu de distance du Rocher des Brûlés; la puissance de la couche y était voisine de 2 m.

6.1.1.2. Travaux de l'exploitation minière.

A partir du puits d'extraction, près de la Fieffe, furent poussées des galeries à des niveaux de plus en plus bas, vers le Nord et vers le Sud.

— L'exploitation est d'abord menée au niveau 220 : Un travers-banc de 600 m perçant l'ensemble du grès armoricain, relie ce niveau au jour.

— En 1910, les étages 250 et 175 sont reliés au niveau 220 par un montage et une descenderie; le niveau 175 est reconnu sur 3 500 m au Nord, le niveau 250 sur 650 m au Nord et 1 100 m au Sud.

— En 1935, 2 puits intérieurs (puits n° 1 et 2) relient par 2 travers-bancs creusés à leur base, le niveau 220 aux étages inférieurs, jusqu'au niveau 125.

— Enfin, en 1939 est foncé un grand puits de 550 m (Puits Pralon) et des galeries en direction sont tracées à des niveaux espacés de 50 en 50 m selon la verticale : niveaux 25, 300 (— 25), 350 (— 75), 400 (— 125); ces niveaux sont tracés en couche qui, rappelons-le, possède au Nord et au Sud de la Fieffe un pendage Nord-Est, et se verticalise dans la région de la Fieffe. Chaque niveau décrit donc une courbe dont le point d'inflexion, à tangente E-W, est localisé à la base du puits.

— En 1965, le niveau 25 est reconnu au Nord jusqu'à 2 000 m et au Sud jusqu'à 2 700 m (extrémités de la concession), les niveaux inférieurs sur 300 à 400 m de part et d'autre de la base du puits.

6.1.1.3. Sondages.

6.1.1.3.1. *Sondages de 1911.*

— Le sondage n° 1 (90 m) reconnaît la couche minéralisée de 71,9 m à 74 m et de 85 m à 88 m (répétition par faille inverse).

— Le sondage n° 2 (160 m) destiné à reconnaître le pendage de la faille limite du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs, est resté pendant 160 m dans le granite où il avait été entrepris.

6.1.1.3.2. *Sondages de 1929.*

— Sondage n° 1. — Longuement décrit au chapitre « Stratigraphie » il a traversé une série monoclinale à pendages modérés (30 gr) entre les schistes supérieurs, à l'affleurement, et le grès armoricain à 527 m; la couche était rencontrée à 497 m.

— Sondage n° 2. — Entrepris à l'emplacement du futur puits Pralon, il est resté pendant 561 m dans les schistes à Calymènes très redressés, après avoir recoupé la couche à 460 m.

6.1.1.3.3. *Sondages de 1965.*

Il s'agit de 34 sondages au marteau-perforateur, de faible profondeur (10 à 40 m) destinés à reconnaître la nature du substratum sous le recouvrement quaternaire. Ces sondages ont permis de préciser la structure générale du synclinal de La Ferrière-aux-Etangs en montrant l'existence d'une faille longitudinale verticale parallèle à la faille limitant au Nord l'ensemble primaire.

6.1.2. Mont-en-Gérôme

Les seuls travaux d'importance sont ceux de la demande en concession, et le prolongement méridional des travaux de La Ferrière-aux-Etangs; ces derniers montrent la décroissance vers le Sud-Est de la puissance et de la teneur de la couche.

Les travaux de la demande en concession comprenaient 4 puits et travers-bancs :

1. — Puits et travers-bancs de la Lande Menue, le long de la route de Champsecret à la Coulonche : Puits de 8 m prolongé par un travers-banc de 15 m, reconnaissant une couche de 2 m, séparée en 2 parties égales par 0,20 m de schiste stérile.

2. — Puits et travers-bancs du Mont-en-Gérôme, le long de la route de Lucé à la Coulonche; la couche, quoique plus puissante (3 m au dire des pétitionnaires) reste divisée par un interlit schisteux.

3. — Puits et travers-bancs de la Sauvagère, le long de la route de l'Etoile d'Andaine à la Sauvagère: couche de 2,15 m avec interlit schisteux de 0,45 m situé à 0,50 m du mur.

4. — Puits et travers-bancs de la Vallée de Misère, le long de la route de l'Etoile d'Andaine à la Forge de la Sauvagère; la couche n'a plus que 1,20 m à 1,80 m de puissance.

6.2. *PRODUCTION DE LA MINE DE LA FERRIÈRE.*

(Minerai grillé) tonnes :

1 903	40 000	1 941	150 000	1 959	601 318
1 911	111 000	1 944	26 000	1 960	717 707
1 929	150 000	1 954	270 000	1 961	684 627
1 930	150 000	1 955	350 000	1 962	622 462
1 932	350 000	1 957	514 719	1 963	511 353
1 937	70 000	1 958	513 338	1 964	587 659

6.3. *NOUVELLES DONNÉES SUR LE SYNCLINAL DE LA-FERRIÈRE.*

6.3.1. La Ferrière-aux-Étangs

L'essentiel de la structure réside dans la présence de la faille longitudinale de La Ferrière-aux-Etangs, séparant l'ensemble primaire en 2 séries monoclinales à pendage nord-est, toutes deux limitées au Nord-Est par une faille verticale.

L'accident du puits, jouant le rôle d'une faille verticale est-ouest, mais sans interruption de la continuité des couches, divise à son tour les deux monoclinaux en 2 parties nord et sud. Le pendage des assises, voisin de 50 gr au Nord de l'accident du puits, est plus faible au Sud (30 gr).

La faille de La Ferrière-aux-Etangs offre l'énorme intérêt de remonter son compartiment nord-est de 300 à 400 m, alors que dans le cas d'un monoclinal simple, la couche de minerai, au contact du granite atteindrait une profondeur de 900 ou 1 000 m.

D'autre part, l'étude de la distribution des teneurs et des puissances, nous a conduit à admettre l'existence d'un chenal ferrifère, coïncidant avec la partie nord de la concession, et qui vers le Sud-Est, prendrait une orientation NW-SE. Dans ces conditions, la minéralisation exploitée dans la partie sud de la concession représenterait le minerai sédimenté sur le flanc sud-est du chenal, et puissance et teneur doivent vraisemblablement augmenter vers l'aval-pendage.

La division en 4 parties par les 2 accidents permet de définir les caractères de la minéralisation dans chaque quart :

	Puissance	Teneur (minerai grillé)
Quart NW	3 à 5 m	47 à 50 %
Quart NE	3,50 à 5 m	47 à 50 %
Quart SW	2 à 3 m	40 à 47 %
Quart SE	4 m	45 à 50 %

Ces chiffres tenant compte d'une décroissance des teneurs et des puissance du NW vers le SE à l'intérieur du chenal.

Il est facile, dans ces conditions d'évaluer les réserves de minerai correspondantes :

	Surface minéralisée	Surface de la couche	Puissance moyenne	Tonnage
NW	1 600 000 m²	2 200 000	4,50 m	34 Mt
NE	500 000 m²	700 000	4,50 m	11 Mt
SW	3 900 000 m²	4 700 000	2,50 m	40 Mt
SE	4 100 000 m²	4 900 000	4 m	67 Mt

La limite sud adoptée est le plan de direction N 120 passant par le village de Pont-Guillaume et correspondant à la limite de la minéralisation à 40 % de fer.

Il faut déduire de ces chiffres la quantité de minerai déjà exploitée (10 Mt environ) correspondant à 15 Mt de minerai en place; les réserves disponibles s'élèvent alors à plus de 135 millions de tonnes.

Si d'autre part on limite la profondeur d'exploitation à 550 m (profondeur du puits d'extraction), la surface minéralisée se trouve réduite aux chiffres suivants :

NW	chiffres inchangés			34 Mt
NE	chiffres inchangés			11 Mt
SW	3 300 000 m²	4 000 000	2,50 m	34 Mt
SE	1 000 000 m²	1 200 000	4 m	16 Mt

Soit un total de 95 Mt; compte tenu des 15 Mt exploités il resterait à prendre 80 Mt.

6.3.2. Mont-en-Gérôme

Il est hors de question de définir les réserves du gisement de Mont en Gérôme :

— D'une part la couche y possède une faible puissance, encore diminuée du point de vue pratique par la présence d'intercalaires schisteux.

— Les teneurs sont faibles, 40 % de fer (grillé) au Nord de la concession, 33 % dans la vallée de Misère.

— Enfin, les zones plus riches pouvant exister à l'aval-pendage ont été incluses dans le calcul global des réserves du gîte de La Ferrière-aux-Etangs.

7. — *LA CONCESSION DE L'ERMITAGE*

Une concession de 535 ha est accordée le 2.12.1922, sur le territoire des communes de Lignières-la-Doucelle et Saint-Patrice-du-Désert, au profit de MM. Saminn et consorts. La pétition, faisant suite à une première demande en date de 1907, était en concurrence avec 3 autres demandes.

La concession fut cédée, le 28.4.1928, à la Société Normande des Mines de l'Ermitage. Aucune exploitation n'y eut jamais lieu.

7.1. *TRAVAUX MINIERS ET DE RECHERCHE.*

7.1.1. Travaux de 1907 (repris en 1922)

Ils démontrent l'existence de 3 couches minéralisées exploitables (n° 2, 3 et 5).

7.1.1.1.Travaux du Bisson.

Un sondage de 5 m, et un puits de 13,56 m foncé à 14,20 m au Nord du sondage montrent l'existence d'une première couche (n° 2) de 1,30 m de puissance. A une distance non précisée de l'affleurement de cette couche existe une autre couche (n° 3) d'une puissance équivalente, reconnue par une fouille de 2,20 m (1907) puis par un sondage et un puits de 5,30 m (1922). 20 m environ au Nord de ces derniers travaux affleurent les grès du Petit May.

7.1.1.2. Travaux de l'Ermitage Sud.

Un sondage de 7,60 m recoupe une couche minéralisée de 1,50 m; un puits foncé un peu au Sud retrouve la couche avec la même puissance. Selon toute vraisemblance, il s'agit de la couche n° 2.

7.1.1.3. Travaux de l'Ermitage SE.

Le long du chemin de Saint-Ursin au carrefour de l'Ermitage affleure la couche n° 1, très siliceuse et située à 65 m du toit du grès; sa puissance est d'environ 1,70 m.

A 50 m au Nord du ruisseau de Saint-Ursin, des excavations jalonnent la trace de la couche n° 2.

A 112 m au Nord, une fouille retrouve la couche n° 3 avec une puissance de 1,70 m.

7.1.1.4. Travaux de l'Ermitage Est.

« Près du carrefour de l'Ermitage (c'est-à-dire au Nord des affleurements du Petit May à pendage nord), on remarque dans un champ 2 grandes lignes d'exploitations anciennes, à droite du chemin »; il s'agit des couches n° 4 et 5.

Seule la couche n° 5 est reconnue par un sondage de 5,10 m, 2 puits de 8,60 m et 14,30 m, et 2 galeries en direction; la puissance de la couche est de 2,40 m.

7.1.1.5. Travaux de la Patricière.

Au Nord du village, une fouille et un puits reconnaissent une couche (n° 2 d'après les exploitants) de 1,50 m à 2,20 m.

7.1.1.6. Travaux des Souchées.

Une couche de 1,50 m (couche n° 3) est reconnue par une fouille.

7.1.1.7. Travaux de la Fouchardière.

Ils reconnaissent l'une des couches interstratifiées dans les schistes intermédiaires (puits de 13 m). Sa puissance est de 1,10 m.

7.1.1.8. Résultats.

	Fe	SiO_2	PF	Fe grillé
Couche 2	36,96	7,68	24,70	48,91
	36,83	13,90	20,00	46,20
(L'Ermitage)	36,67	12,60	23,60	46,50
	35,53	8,48	25,40	49,15
	35,55	19,80	21,00	45,00
(La Patricière)	33,84	14,48	21,70	43,22
	36,22	13,20	11,70	44,40
	moyenne (Fe grillé) 46,42 % Fe			

	Fe	SiO_2	PF	Fe grillé
couche 3	38,16	13,40	13,00	43,85
	43,97	15,60	11,00	49,40
	38,86	11,40	24,40	51,40
	34,71	12,12	22,10	44,50
	33,53	13,24	22,60	43,32
	41,40	15,40	11,00	46,52
	moyenne (Fe grillé) 46,50 % Fe			
couche 5	36,10	13,20	22,70	46,70
	35,22	9,76	22,40	45,51
	moyenne (Fe grillé) 46,11 % Fe			

7.1.2. Autres travaux réalisés par les demandeurs concurrents

Ils sont tous localisés à l'Ouest de Saint-Patrice.

— Près de Saint-Patrice, au Sud des Champs-Ferrés, un puits reconnaît, au sommet des schistes à Calymènes, un niveau ferrugineux à 32 % de fer, représentant l'une des couches n° 2 et 3.

— Le long de la route de La Ferté-Macé à Antoigny, un puits retrouve une couche minéralisée (Fe : 29,75, PF : 13,2, SiO_2 : 24,50).

— Près de La-Chapelle-Saint-Antoine, un puits et un travers-banc recoupent la couche n° 2 (Fe : 23,65 à 34,14, SiO_2 : 27,70 à 13,20, PF : 15,80 à 18,80, Fe : grillé 28,45 à 42,18).

— A La-Motte (couche n° 3) : Fe 35,15, SiO_2 27,90, PF 9,10, Fe grillé 38,27.

— Aux Vallées (couche n° 3) : Fe 34,14, SiO_2 11,10, PF 17,40, Fe grillé 40,62.

Tous ces travaux démontrent la diminution des teneurs vers l'Ouest; il n'est en outre jamais fait mention des puissances des couches.

7.1.3. Travaux de la Société des Mines de l'Ermitage

Exécutés entre 1928 et 1921, ils consistent en une descenderie en couche 3, près de l'Ermitage, et en 3 sondages totalisant 568 m au flanc nord de la colline de l'Ermitage.

7.1.3.1. Descenderie.

Attaquée au mur de la couche n° 3, puis l'avant recoupée, elle fut poursuivie sur 74 m au toit de la couche; 2 recoupes E-W tracées sur 30 m de part et d'autre de l'axe de la descenderie montraient la constance de la puissance de la couche (1,60 m) et de son pendage (20 gr).

7.1.3.2. Sondages.

Leur emplacement exact ne nous est pas connu, mais seulement leur disposition relative; ils reconnaissaient le flanc nord de la colline de l'Ermitage; ils ont montré :

— l'existence des schistes à Calymènes, en position anticlinale, sous le manteau éocène;

— la présence dans ces schistes (Sondage 7) d'une couche de 1,30 m de minerai, subverticale (80 gr) représentant l'une des couches 2 ou 3.

7.1.4. Conclusions

7.1.4.1. Minéralisation.

Il existe dans la concession 3 couches minéralisées, dont 2 sont situées dans les schistes à Calymènes

(n° 2 : 1,50 m, n° 3 : 1,60 m) et la troisième (n° 5 : 2,40 m) dans les schistes intermédiaires.

La couche n° 1, trop siliceuse, située à 65 m du grès armoricain, est inexploitable.

La couche n° 4, décelée seulement par les anciens travaux, ne nous est connue ni par sa puissance ni par la teneur de son minerai.

7.1.4.2. Structure.

Les travaux montrent l'existence d'un cuvette synclinale, dont les grès de May de la colline de l'Ermitage constituent le cœur dont le pendage, faible au flanc sud (15 à 20 gr) est subvertical au flanc nord (80 gr).

7.1.4.3. Conclusions pratiques.

Il est prématuré, pour plusieurs raisons, de tenter d'évaluer la richesse de la concession de l'Ermitage :

— Les couches ne sont connues qu'en quelques points au centre de la concession et leurs caractères sont encore mal définis (puissance et teneur).

— Nous ne connaissons rien sur l'extension latérale des niveaux minéralisés.

CONCLUSIONS

STRATIGRAPHIE

Contrairement aux opinions des auteurs précédents, nous avons établi qu'à l'intérieur de l'ensemble des deux synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs, la série stratigraphique ordovicienne et silurienne était d'une part constante — en faciès — peu variable en puissance, et qu'elle était fort semblable aux séries mises en évidence en d'autres régions du Massif Armoricain.

Discordant sur un socle briovérien, métamorphisé par des intrusions granitiques cadomiennes (granite de Vire), *le grès armoricain* se trouve, dans toute la région étudiée, constitué d'une assise de quartzites massifs à la base, que surmontent des quartzites lités à intercalations de schistes. *Les schistes à Calymènes* sus-jacents, se trouvent partout caractérisés par la présence d'une ou plusieurs couches minéralisées.

Cette sédimentation schisto-gréseuse, à faune riche, se continue jusqu'à l'Ordovicien supérieur, avec *les grès de May* et leur intercalaire schisteux (*schistes intermédiaires*). C'est à la fin de l'Ordovicien supérieur que se manifeste brutalement un changement radical dans la sédimentation : l'apparition d'une certaine activité volcanique, caractérisée par des coulées de boue (Pélites gréseuses à fragments polyédriques) et l'arrivée en masse de sulfures (pyrite) dans le milieu marin, entraîne la disparition de la faune riche attachée à l'Ordovicien. *Le grès culminant* (Valentien ?), exprime la continuité de la sédimentation détritique et de l'activité volcanique : la pyrite semble localisée dans l'assise gréseuse, là où existaient les volcans de boue de l'Ordovicien supérieur (région de Domfront). La faune a disparu, tout se passe comme si les émanations sulfureuses avaient en quelque sorte empoisonné le fond sous-marin.

Cette série stratigraphique, que terminent les habituels schistes ampéliteux à Graptolites du Silurien, est fort semblable, dans ses grandes lignes, à la série définie plus au Nord, dans le Calvados, où tous les termes sont semblables, et où le passage de l'Ordovicien au Silurien se trouve marqué de la même façon par cette extinction de la faune consécutive à l'activité volcanique de l'Ordovicien Supérieur : les schistes à Fucoïdes et les grès pyriteux des synclinaux du Calvados représentent exactement nos schistes supérieurs et notre grès culminant. Plus au Sud, en Mayenne, la série stratigraphique se retrouve, strictement semblable à notre série.

TECTONIQUE

Il semble que là apparaissent les conclusions les plus importantes : soulignons encore une fois que les plus récentes théories tectoniques relatives aux deux synclinaux reposaient sur une stratigraphie fausse, et sur une carte géologique très sommaire. Un levé géologique précis, complété par une étude approfondie des travaux miniers accessibles, nous a conduit à modifier profondément les anciens points de vue. L'étude de la minéralisation ferrifère, tout d'abord, nous a permis la démonstration de l'existence de deux directions de rupture ordoviciennes, déterminant la formation de chenaux de plus forte sédimentation ferrifère. On ne saurait trop insister sur les notions

de « tectonique de réactivation » et de « plis de revêtement » mises en évidence par C. KLEIN (1963 b). Ce sont les ruptures du socle selon 2 directions (la direction « normande » de C. KLEIN, la direction N 160 — Système de l'Egrenne —) qui déterminent la formation de monoclinaux élémentaires, ultérieurement plissés perpendiculairement à la direction « normande ». Et c'est encore à un réajustement du socle qu'il faut attribuer l'avant dernière phase de fracturation du Primaire (failles E-W) dans le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs.

MINÉRALISATION

L'étude de la distribution des teneurs et des caractères géométriques de la couche minéralisée (puissance et altitude stratigraphique), nous a permis de préciser la notion de *chenal ferrifère*. Outre les conclusions tectogénétiques que cette notion nous fait dégager, elle est à la base de l'étude de la minéralisation en elle-même, étude orientée vers des buts essentiellement pratiques et économiques.

GÉOLOGIE MINIÈRE

L'ensemble des synclinaux de Domfront et de La Ferrière-aux-Etangs représente un énorme gisement de fer. Le calcul des réserves de minerai disponible, effectué à partir de l'hypothèse de la continuité des chenaux ferrifères, démontre l'existence de 500 millions de tonnes de minerai de fer à teneur supérieure à 40 %.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANTHOINE R. (1914). — Contribution à l'étude du bassin silurique de Mortain (Basse-Normandie). *Ann. Soc. géol. Belg.*, **41**, mémoires.

ANTHOINE R., FRAIPONT Ch. (1919). — La faune des schistes d'Angers (Ordovicien) du sondage de Berdaillet à Barenton (Manche). *Ann. Soc. géol. Belg.*, **42**, p. 193-194.

BAILLET DE BELLOY (1796). — Extrait d'un rapport sur les mines de fer du district de Domfront. *Journal des Mines*, n° 19, **4**, p. 61-64.

BARROIS Ch. (1891). — Mémoire sur la faune du grès armoricain. *Ann. Soc. géol. Nord*, **19**, p. 134-237.

BERTRAND L. (1921). — Les anciennes mers de France et leurs dépôts. Paris, 1921.

BIGOT A. (1887). — Quelques mots sur les Tigillites. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **10**, p. 161-165.

BIGOT A. (1888). — Sur les Homanolotus des grès siluriens de Normandie. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3) **16**, p. 419-434, 3 pl.

BIGOT A. (1890 *a*). — L'Archéen et le Cambrien dans le Nord du Massif Breton et leurs équivalents dans le Pays de Galles. Cherbourg.

BIGOT A. (1890 *b*). — Constitution et allure des terrains anciens dans le Sud du département de l'Orne. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (4) **4**, p. 203-206.

BIGOT A. (1892 *a*). — Observation sur le Silurien inférieur de l'Ouest de la France. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, **6**, p. 73.

BIGOT A. (1892 *b*). — Observation à propos d'une communication de M. VAULLEGEARD sur les grès de May. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (4) **6**, p. 73-74.

BIGOT A. (1892 *c*). — Communication sur la « Plage silurienne de Bagnoles ». *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (4) **6**, p. 81-82.

BIGOT A. (1892 *d*). — Compte rendu des excursions géologiques dans les environs de Sées et de Bagnoles (Orne). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (4) **6**, p. 146-156.
— *Bull. Lab. Géol. Fac. Sci. Caen*, **2**, p. 123-132.

BIGOT A. (1896). — Progrès des sciences géologiques en Basse-Normandie de 1875 à 1895. *Bull. Soc. Linn. Normandie* (4), **10**, p. 90-122.

BIGOT A. (1900). — La Normandie. *8e Congr. Géol. Intern.*, 13 fig., 33 p., Paris, (livret guide des excursions géologiques).

BIGOT A. (1903). — Groupement et notation des assises siluriennes de l'Ouest de la France. *Bull. Soc. Linn. Normandie* (5), **5**, p. 3-24.

BIGOT A. (1904 *a*). — Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France en Basse-Normandie. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), **4**, p. 861-908.

BIGOT A. (1904 *b*). — Le Massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), **4**, p. 909-953.

BIGOT A. (1905). — Sur l'âge du granite de Vire. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **141**, p. 739-740.

BIGOT A. (1908). — Révision de la feuille Alençon au 1/80 000. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **18**, 119, p. 33-37.

BIGOT A. (1910). — Géologie de la région de Bagnoles. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (6) **4**, p. 60-61.

BIGOT A. (1912 *a*). — Le bassin minier de la Basse-Normandie. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, **32**, p. 26-37.

BIGOT A. (1912 *b*). — Résumé des observations géologiques faites au cours de la réunion à Flers et aux environs, les 16 et 17 juin 1912. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (6) **5**, p. 22-23.

BIGOT A. (1913 *a*). — La Basse-Normandie. Etude de géographie physique. *Revue Géog., ann.*, **7**, n° 3.

BIGOT A. (1913 *b*). — Sur la structure de la zone bocaine. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **157**, p. 1485-1488.

BIGOT A. (1913 *c*). — Le bassin minier de la Basse-Normandie. *Rev. géné. sci.*, **24**, p. 258-263 et 346-352.

BIGOT A. (1915). — Géologie de l'arrondissement de Domfront. *Ann. Ass. Norm.*, 82e année, p. 116-131.

BIGOT A. (1922). — Tectonique de la partie normande du Massif Armoricain. *C. R. 13e Congr. Géol. Intern.*, p. 382-386.

BIGOT A. (1924). — Notice explicative de la feuille Alençon du service de la Carte Géologique de la France, publiée en 1924. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (7) **7**, p. 100-117.

BIGOT A. (1925 *a*). — Carte géologique au 1/320 000 du département de l'Orne et de sa bordure. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (7) **8**, p. 30-32.

BIGOT A. (1926 *a*). — Session extraordinaire de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne en Basse Normandie (5-10 avril 1926). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (7) **9**, p. 64.

BIGOT A. (1926 *b*). — Notice sur la géologie et les régions naturelles de l'Orne. (-In : Richard, l'agriculture dans le département de l'Orne) Paris, Libr. Acad. Agric., 11 p., 1 carte, 3 coupes.

BIGOT A. (1927). — A propos des nodules du grès de May. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (7) **10**, p. 88.

BIGOT A. (1928 *a*). — Tectonique de la partie normande du Massif Armoricain. *Bull. Soc. géol. miner. Bretagne*, **7**, n° sp., p. 9-11.

BIGOT A. (1928 *b*). — Compte rendu des réunions extraordinaires de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne en Normandie en 1926-1928. *Bull. Soc. géol. miner Bretagne*, **7**, n° sp, p. 12-119.

BIGOT A. (1929 *a*). — Compte rendu de l'excursion de la Société Linnéenne à Domfront (Orne). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (8) **2**, p. 50-56.

BIGOT A. (1929 *b*). — Livret guide des excursions de la réunion extraordinaire de la société géologique de France en 1929 en Basse-Normandie, Caen, le Tendre, 48 p., 8 cartes.

BIGOT A. (1929 *c*). — Réunion de la Société Géologique de France en Basse-Normandie. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, (4) **29**, p. 181-200.

BIGOT A. (1930). — A sketch of the geology of lower Normandy. *Proc. Geol. Ass.*, **41**, pl. 4, p. 363-495.

BIGOT A. (1934). — Notes géologiques sur la région de Bagnoles de l'Orne. *Ann. Ass. Norm.*, 102e année, p. 99-110.

BIGOT A. (1935). — Géologie des arrondissements d'Avranches et de Mortain. *Ann. Ass. Norm.*, 103e année.

BIGOT A. (1942). — La Basse-Normandie, esquisse géologique et morphologique — Caen.

BIGOT A., BIZET M., LETELLIER M. (1893). — Carte géologique au 1/80 000 feuille Alençon 1e ed. *Bull. Lab. géol. Fac. Sci. Caen*, 2, p. 186-199.

BIGOT A., MATTHIEU G. (1943). — Notice explicative de la 2e éd. de la feuille Avranches de la Carte géologique de France au 1/80 000. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (9) **3**, p. 41-47.

BLAVIER E. (1842). — Etudes géologiques sur le département de l'Orne (carte géologique du département de l'Orne). *Ann. Départ. Orne, Alençon*, 94 p., 6 pl.

BONISSENT A. (1870). — Essai géologique sur le département de la Manche. *Mém. Soc. Imp. Sci. Nat. Cherbourg*, **10-15**, in-8°, Fenardant, 430 p. Cherbourg.

BOURJOT M. (1852). — Observation (sur Bourberouge). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2) **9**, p. 348.

BROSSARD B. (1941). — Bibliographie géologique minéralogique et paléontologique du Nord-Ouest de la France (Bretagne-Normandie-Maine-Anjou et Vendée). Années 1908-1938, Caen, Le Tendre.

BRULL S. (1910). — Larchamp (Orne). *Le Génie Civil*, 30e année, **57**, p. 441-444, 8 fig., 1 pl.

BUBENICEK L. (1965). — Les paragenèses des minerais de fer oolithiques des terrains primaires de l'Ouest de la France, *Revue Ind. Min.*, **47**, n° 7.

CARNOT A. (1890). — Analyses des minerais de fer de la France de l'Algérie et de la Tunisie. *Ann. Mines*, (8) **18**, p. 1-163.

CAUMONT A. de (1824). — 1e coupe géologique dans le département de la Manche. *Mem. Soc. Linn. Normandie*, **1**, p. 49-56.

CAUMONT A. de (1825). — Mémoire géologique sur quelques terrains de la Normandie occidentale. *Mém. Soc. Linn. Normandie*, **2**, p. 447-597.

CAUMONT A. de (1835). — Coup d'œil sur la constitution géognostique des 5 départements de la Normandie. *Ann. Ass. Norm.*, **2**, p. 57-96.

CAUMONT A. de (1835-1838). — Essai sur la distribution géographique des roches dans le département de la Manche (extrait de diverses notices présentées à la Société Linnéenne de Normandie en 1825 et 1829). *Mem. Soc. Linn. Normandie*, **5**, p. 239-281, 1835. *Mem. Soc. Linn. Normandie*, **6**, p. 249-278, 1838.

CAUMONT A. de (1838). — Sur la distribution des roches et une carte géologique du département de l'Orne. *Mem. Soc. Linn. Normandie*, **6**, p. 5 et 9.

CAUMONT A. de (1845). — Statistique routière de Normandie, 3e fragment. *Ann. Ass. Norm.*, **11**, p. 1-32.

CAUMONT A. de (1869). — Note sur la distribution des roches dans l'arrondissement de Domfront, extraite des études géologiques sur le département de l'Orne, par M. BLAVIER. *Ann. Ass. Norm.*, **36**, p. 342-351.

CAYEUX L. (1909 *a*). — Les minerais de fer oolithiques de France. (fasc. 1 minerais primaires). Paris, Imp. Nat., 844 p., 37 fig., 19 cartes.

CAYEUX L. (1909 *b*). — Le quartz secondaire des minerais de fer oolithiques du Silurien de France et son remplacement en profondeur par du fer carbonaté. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **149**, p. 1095-1098.

CAYEUX L. (1909 *c*). — Evolution minéralogique des minerais de fer oolithiques primaires de la France. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **149**, p. 1388-1390.

CAYEUX L. (1910). — Minerais de fer oolithique de France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4) **10**, p. 531-540.

CAYEUX L. (1918). — Coup d'œil sur les minerais de fer de la presqu'île armoricaine. *Bull. Soc. Fr. Minér.*, **41**, n° 7-8, p. 134-176.

CAYEUX L. (1929). — Conditions de la mer silurienne à Graptolithes en Normandie. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **188**, p. 1194-1198.

CAYEUX L. (1931). — Les mines de fer de l'Ouest de la France (généralités par L. CAYEUX). Ch. Synd. min. fer de l'O. de la France - Paris 55 p.

CHAURIS L., DANGEARD L., GRAINDOR M.J., LAPPARENT A.F. de (1956). — Les principaux batholites granitiques du Bocage Normand sont antérieurs à la transgression cambrienne. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **243**, p. 77-80.

COURTY G. (1956). — Nouvelles observations sur un poudingue intercalé dans la couche de fer silurien d'Halouze (Orne). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6) **6**, p. 969-976.

COURTY G. (1959). — Contribution à l'étude du minerai de fer de May sur Orne (Calvados). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7) **1**, p. 500-510.

COURTY G. (1960) — Sur les rapports de l'oligiste et de la sidérose dans l'hématite de St Rémy (Calvados). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **250**, p. 2237-2238.

COURTY G. (1961 *a*). — Sur la sidéritisation d'oolithes chloriteuses au sommet de la couche de minerai de fer de St Rémy (Calvados). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **252**, p. 301-303.

COURTY G. (1961 *b*) — Le phosphate de calcium dans les minerais de fer siluriens de Normandie. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **252**, p. 1486-1488.

COURTY G. (1961 *c*). — Mode de cimentation des oolithes dans l'hématite de St. Rémy (Calvados). *C. R. somm. Sci. Géol. Fr.*, n° 4, p. 85.

COURTY G. (1962). — Sur la sidérite périphérique des oolithes chloriteuses d'Halouze (Orne). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **254**, p. 145-147.

COURTY G. (1964 *a*). — Sur la répartition des faciès dans la couche principale de minerai de fer ordovicien normand. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **258**, p. 5495-5498.

COURTY G. (1964 *b*). — Hématisation de silicate et halmyrolyse d'oolithes libres dans le troisième faciès du minerai de fer normand. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **259**, p. 1992-1995.

COURTY G. (1965 *a*). — Esquisse sur la pétrographie et remarques sur la diagenèse de la couche principale de minerai de fer ordovicien normand. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **40**, n° 274..

COURTY G. (1965 *b*). — Granuloclassements inverses, granuloclassements directs et faciès minéralogiques dans le minerai de fer d'Halouze (Orne). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **260**, p. 2020-2023.

DALIMIER P. (1861). — Stratigraphie des terrains primaires dans la presqu'île du Cotentin. Thèse, Paris.

DANGEARD L. (1952). — La Normandie. Paris, Actual. Sc. et Ind., n° 1140. Géol. Rég. de la France, **7**.

DANGEARD L., RIOULT M. (1959). — Observations sur les traces des organismes fouisseurs dans l'Ordovicien normand. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7) **1**, n° 3, p. 270-276.

DANGEARD L., RIOULT M., DORE F. (1963). — Observations et réflexions sur les minerais de fer ordoviciens de Basse Normandie. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **257**, p. 2131-2133.

DAVIDSON F. (1881). — Note sur les Brachiopodes trouvés par M. MORIÈRE dans le grès armoricain de Bagnoles (Orne). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **5**, p. 89-94.

DAVY L. (1903-1908). — Bibliographie géologique, minéralogique et paléontologique du Nord-Ouest de la France (Bretagne, Basse-Normandie, Maine, Anjou et Vendée). In : *Bull . Soc. Sci. Nat. Ouest de la France*, 13, 14, 15, 18e ann.

DORE F., PONCET J., RIOULT M. (1963). — Volcans de boue dans l'Ordovicien supérieur de Normandie. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (10) **4**.

DROUET G.A. (1916). — La Normandie industrielle. Caen, Delesques, in-8°, 46 p.

DUFRENOY (1838). — Mémoire sur l'âge et la composition des terrains de transition de l'Ouest de la France. *Ann. Mines*, (3) **14**, p. 213-258 et 351-398.

DUHAMEL (1799). — Essai sur la lithologie de la Manche. *Journal des Mines*, (9) **7**.

DUVAL L. (1900). — Anciennes industries de l'Orne. *Annuaire normand.*

DUVAL L. (1905). — Les mines de fer de La Ferrière-aux-Etangs. *Ann. Ass. Norm.*, 72e ann., p. 305-308.

ETUDES DESLONGCHAMPS J.A. (1825). — Mémoire sur les corps organisés fossiles du grès intermédiaire du Calvados.*Mém. Soc. Linn. Normandie*, **2**, p. 291-317.

EUDES DESLONGCHAMPS J.A. (1838). — Note sur les schistes du Neufbourg. (in De Caumont, 1838). *Mém. Soc. Linn. Normandie*, **6**, p. 265-266.

EUDES DESLONGCHAMPS J.A. (1868). — Lettre sur les empreintes siluriennes de Bagnoles (Orne). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (2) **1**, p. 89-91.

FAUVEL A. (1868). — Compte rendu de l'excursion linnéenne à Bagnoles de l'Orne les 15 et 16 juin 1867. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (2) **2**, p. 523-524.

FELICE R. de (1907). — La Basse-Normandie; étude de géographie régionale. Paris.

FORTIN R. (1893). — Notice explicative du profil géologique du chemin de fer aux abords de Mortain (Manche). *Bull. Soc. géol. Normandie*, **15**, p. 30-36, pl. 5.

FOUQUE (1857). — Sur la géologie des environs de Mortain (Manche). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2) **14**, p. 399-403.

FRAPOLLI L. (1845). — Mémoire sur la disposition du terrain silurien dans le Finistère, et spécialement dans la rade de Brest (avec une note sur Mortain). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2) **2**, p. 517-573.

GRAINDOR M.J. (1957 *a*). — Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif Armoricain. *Mém. Carte géol. détaillée*, France.

GRAINDOR M.J. (1957 *b*). — Révision de la feuille Alençon au 1/80 000. Premières observations. *Bull. Serv. Carte géol. Fr., C. R. Coll.*, **155**, A, n° 252.

GRAINDOR M.J. (1959). — Granites et synclinaux paléozoïques entre Alençon et Mayenne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7) **1**, p. 555-566.

GRAINDOR M.J. (1963 *a*). — Remarques stratigraphiques et tectoniques sur les synclinaux médians de la feuille Alençon au 1/80 000. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (10) **4**.

GRAINDOR M.J. (1963 *b*). — Remarques sur les synclinaux paléozoïques de la feuille de Coutances au 1/80 000. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 59, n° 273.

GRAINDOR M.J. (1964). — Unités tectoniques au Sud du Cotentin. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, n° 3.

GRAINDOR M.J. (1965). — Géologie de l'extrémité orientale du Massif Armoricain (feuille d'Alençon au 1/80 000). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **60**, n° 274.

GRAINDOR M.J., WASSERBURG G.J. (1962). — Détermination d'âges absolus dans le Nord du Massif Armoricain. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **254**.

HEURTEAU C.E. (1907). — Note sur le minerai de fer silurien de Basse-Normandie. *Ann. Mines*, (10), Mémoires, **11**.

HOENES D., TROGER G. (1944). — Lagerstätten oolithischer Eisenerze in Nordwest — Frankreich. *Neues Jb. Min. Geol. Paläont.* A, **59**, n° 1, p. 192-257.

KAPLAN G., LEUTWEIN F. (1963). — Contribution à l'étude géochronologique du massif granitique de Vire. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **256**, p. 2006-2008.

KERFORNE F. (1893). — Note sur l'Ordovicien de May sur Orne. *Bull. Soc. Scient. et méd. de l'Ouest*, **2**, p. 112-116.

KERFORNE F. (1918 *a*). — Les ressources du sous-sol armoricain. — Rennes.

KERFORNE F. (1918 *b*). — Les richesses minérales du Massif Breton. *A.F.A.S.*, 30 p.

KERFORNE F. (1920). — Sur la tectonique du Massif Armoricain. *C. R. Acad. Sc. Fr.*, **171**, p. 639-640.

KERFORNE F. (1926). — Les Trinucleus du Massif Armoricain (note préliminaire). *Bull. Soc. géol. miner. Bretagne*, **7**, n° 1-2, p. 141-143.

KLEIN C. (1960). — La transgression ordovicienne sur les marges orientales de l'Armorique. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7) **2**, p. 768-778.

KLEIN C. (1963 *a*). — La phase « normande » et la phase « angevine » de l'orogenèse cadomienne. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **256**, p. 2196-2198.

KLEIN C. (1963 b). — Phénomènes de réactivation tectonique et tectonique de revêtement en Armorique. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **256**, p. 2448-2450.

KLEIN C. (1963 c). — Superstructures et infrastructures en Armorique. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **257**, p. 2852-2855.

KLEIN C. (1963 d). — Sur quelques points de géologie normande. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, n° 8, p. 276.

LAPPARENT A.F. de (1877-79). — Note sur le bassin silurique de Mortain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3) **5**, p. 569-578, (1877). *Bull. Soc. géol. Normandie*, **6**, (1879).

LAPPARENT A.F. de (1877). — Sur l'âge du granite du Mont St Michel et sur l'âge du granite de Vire. *Bull. Serv. carte géol. Fr.*, (3) **6**, p. 143-147.

LAPPARENT A.F. de (1878). — De la véritable place du grès armoricain. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **2**, p. 4-5.

LAPPARENT A.F. de (1888). — La géologie en chemin de fer : Description géologique du Bassin Parisien et des régions adjacentes. Paris, F. Savy, 808 p., 1 pl., 1 carte.

LAPPARENT A.F. de (1894). — Découverte de fossiles dans les grès versicolores de Domfront. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3) **22**, p. 65.

LEBESCONTE M.P. (1882). — Sur la classification des assises siluriennes de l'Ille et Vilaine et des départements voisins. *Bull. Serv. carte géol. Fr.*, (3) **10**, p. 55-68.

LECORNU M. (1881). — Sur les gisements métallifères de la Basse-Normandie. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **5**, p. 360-368.

LECORNU M. (1884). — Sur la métallurgie du fer en Basse Normandie. *Mém. Acad. Nat. Sc. Art. et Belles lettres de Caen.*

LECORNU M. (1885). — Sur la production des métaux en Basse-Normandie. *Bull. Mens. Soc. Agric. et Comm. Caen, 123e ann.*, p. 255 et suiv.

LEMAREC Y. (1912). — Le Port de Caen et les mines de fer de Basse-Normandie. *Ann. Géog.*, **2**, p. 213-229.

LENNIER C. (1877). — Essai de carte géologique de la Normandie (carte manuscrite ayant figuré à l'Exposition géologique du congrès du Havre et à l'exposition universelle de 1878).

LETACQ A.L. (1893). — Recherches sur la bibliographie, scientifique du département de l'Orne, précédées d'une introduction sur l'histoire des sciences dans cette région. *Bull. Soc. hist. archéol. Orne.* Alençon, Renault et Riom, in-8°, 162 p.

LETACQ A.L. (1901). — Recherches pour servir à l'histoire des études géologiques dans le département de l'Orne jusqu'en 1870, extraites en partie d'un manuscrit de M. DE LA SICOTIÈRE. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (5) **4**, p. 163-198.

LETACQ A.L. (1921). — Présentation de fossiles. Lignières-la-Doucelle (Mayenne). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (7) **4**, p. 71.

LEVAINVILLE, CAYEUX L. (1931). — Les minerais de fer de l'Ouest de la France. *Rev. Univ. Mines, Liège*, (8) **5**, n° 10-11, 16 p.

MATTE H. (1904). — Compte rendu des excursions géologiques de la Société linnéenne de Normandie à Mortain (Manche). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (5) **8**, p. 34-40.

MATTE H. (1905). — Aperçu sur la tectonique de l'Ordovicien inférieur du bassin silurique de Mortain. *A.F.A.S.*, 34e session, Cherbourg, p. 281-284.

MATTE H. (1906). — Essai sur la stratigraphie du bassin silurique de Mortain. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (5) **10**, p. 136-194.

MATTHIEU G. (1942). — Le métamorphisme autour du granite de Vire et le gisement de ce granite. *C. R Acad. Sci. Fr.*, **214**, p. 1006-1007.

MAULDE J. de (1922). — Métallurgie Normande, les mines de fer et l'industrie métallurgique dans le département du Calvados. *Bull. Soc. géol. miner. Bretagne*, **3**, n° 2, p. 189. L. Jouan, in-8°, 268 p., 1 fig., plan, 2 fig., cartes.

MAZETIER G. (1924). — Tableau des formations géologiques de la Basse-Normandie (Manche, Calvados, Orne et partie maritime de la Seine inférieure). *Bull. Soc. Et. Sci. Nat. Elbeuf*, **43**, p. 23.

MICHEL M. (1860). — Coupe de terrain silurien aux environs de Domfront (Orne). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2) **17**, p. 698-702.

MORIERE M. (1878). — Note sur le grès de Bagnoles. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **2**, p. 20-32.

MORIERE M. (1881). — Fossiles du grès armoricain de Bagnoles (Orne). *Bull. Soc. Linn. Normandie.*

MONIERE M. (1883). — Note sur une empreinte de corps organisé offerte par le grès armoricain de May (Calvados). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **7**, 150-155.

MORIERE M. (1884). — Note sur un Homanolotus des grès de May. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **8**, 383-401.

MUSSET R. (1924). — Le relief des environs de Bagnoles de l'Orne. *Bull. Soc. geol. miner. Bretagne*, **5**, n° 1, p. 91-113, pl. 9.

NICOU P. (1910). — Les ressources de la France en minerai de fer; le bassin silurien de l'Ouest de la France (Normandie, Anjou, Bretagne). Iron ore resources of the world, 11th intern. geol. congr. Stockolm, p. 15-22.

OEHLERT D.P. (1882 a). — Notes géologiques sur le département de la Mayenne. *Bull. Soc. Et. Scient. Angers XI-XII*, p. 225-370, Angers, Germain et Grassin, in-8°, 146 p.

OEHLERT D.P. (1882 b). — Sur le Silurien du Nord-Est du département de la Mayenne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3) **10**, p. 349-352.

OEHLERT D.P. (1889). — Sur la constitution du Silurien dans la partie orientale du département de la Mayenne. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **108**, 1262-1264.

OEHLERT D.P. (1903). — Géologie de la Mayenne. Goupil, in-8°, 24 p. in Angot, Dict. hist. topo. et biogr. de la Mayenne, Goupil, in-8°, 2 vol.

OEHLERT D.P. (1908). — Sur les minerais de fer ordoviciens de la Basse-Normandie et du Maine. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **146**, p. 515-517.

ONFRAY J. (1934). — Les massifs granitiques de Larchamp et d'Yvrandes (Orne) forment un affleurement continu. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (8) **7**, 95-98.

PAWLOWSKI A. (1911). — Une Normandie inconnue. Le bassin minier de la Basse-Normandie. Etude scientifique, économique et sociale. Niort, imp. Chiron, in-8°, 111 p. — Dunod, Paris.

PHILIPPOT A. (1943). — Les Graptolithes de l'Ordovicien inférieur et moyen de Bretagne. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 51, 62.

PHILIPPOT A. (1950). — Les Graptolithes du Massif Armoricain. Etude stratigraphique et paléontologique. Thèse, Rennes, 1950.

PRALON L. (1901). — Note sur le minerai de fer carbonaté de Normandie. *Ann. Mines* (9) **19.**

PRUVOST P. (1949). — Les mers et terres de Bretagne aux temps paléozoïques. *Annales Hébert et Haug. Livre Jubilaire Ch. Jacob.* **7**, p. 345-362.

PUILLON BOBLAYE E. (1827). — Essai sur la configuration et la constitution géologique de la Bretagne. *Mém. Mus. nation. Hist. nat.*, **15**, p. 49-118, 1 pl.

PUILLON BOBLAYE E. (1837 *a*). — Géologie de la partie orientale du département de l'Orne. *Ann. Assoc. Norm., 3*, p. 247-251.

PUILLON BOBLAYE E. (1837 *b*). — Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France à Alençon du 3 au 10 septembre 1837. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (1) **8**, p. 323-394, pl. 8, 9.

PUZENAT (1939). — La sidérurgie armoricaine. *Mem. Soc. géol. miner. Bretagne*, **4**, 398 p.

RACHENEUR (1914). — Les régions ferrifères du Nord-Ouest de la France. Géologie des mines de fer (Mines de la Ferrière et d'Halouze). *Bull. Ass. Ing. Ec. Mines de Mons*, n° 1, p. 1-18.

RAGUIN E. (1958). — Bassins de fer de l'Ouest de la France. Etude géologique; Chambre syndicale des Mines de fer.

RENAULT Ch. (1905). — Note sur la géologie de l'arrondissement de Domfront et spécialement des environs de Flers. *Ann. Assoc. Norm.* 72e ann., p. 169-198.

ROBLOT M.M. (1957). — (Articles sur le Paléozoïque normand) in : *lexique stratigraphique international Fr.*, **1**, n° 4 a 1.

ROUAULT M. (1850). — Note préliminaire sur une nouvelle formation découverte dans le terrain silurien inférieur de la Bretagne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2) **7**, p. 724-744.

SCHNAEBELE M. (1963). — Géologie des minerais de fer de l'Ouest. *Rev. Industr. min.*, janvier 1963, p. 24-42.

SEVESTRE (1841). — Notes pour servir à la statistique géologique du département de l'Orne. *Ann. Assoc. Norm.*, 10 p.

SICOTIERE (de la) (1868). — Sur des empreintes nombreuses visibles à la surface d'un rocher de grès de Bagnoles. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (2) **1**, p. 83-89.

SKRODZKY (1890). — Carte géologique du canton de Domfront (Orne). *Bull. Soc. Géol. Normandie*, **13.**

TOLMER L. (1953). — Index bibliographique des travaux de sciences naturelles concernant la Normandie, le Maine, l'Anjou et le Blésois pour la décade 1923-1933. RP. Colas, Bayeux. Jouan et Bigot, Caen.

TROMELIN G. de (1877). — Etude des terrains paléozoïques de la Basse-Normandie particulièrement dans les départements de l'Orne et du Calvados. *A.F.A.S.*, 6e session, p. 493-501.

TROMELIN G. de (1878). — Observations sur les terrains paléozoïques de la Basse-Normandie. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (3) **2**, p. 6-12.

TROMELIN G. de, LEBESCONTE P. (1875). — Essai d'un catalogue raisonné des fossiles des départements du Maine et Loire, de la Loire inférieure et du Morbihan, et observations sur les terrains paléozoïques de l'Ouest de la France. *A.F.A.S.*, 4e session, Nantes, p. 601-661.

TROMELIN G. de, LEBESCONTE P. (1876). — Observations sur les terrains primaires du Nord du département de l'Ille et Vilaine et de quelques autres parties du Massif breton. *Bull. Soc. géol. Normandie*, (3) **4**, p. 583-623.

VANDERNOTTE L. (1913). — Contribution à l'étude des roches éruptives de la bordure sud-est du Massif Armoricain. Thèse, Paris.

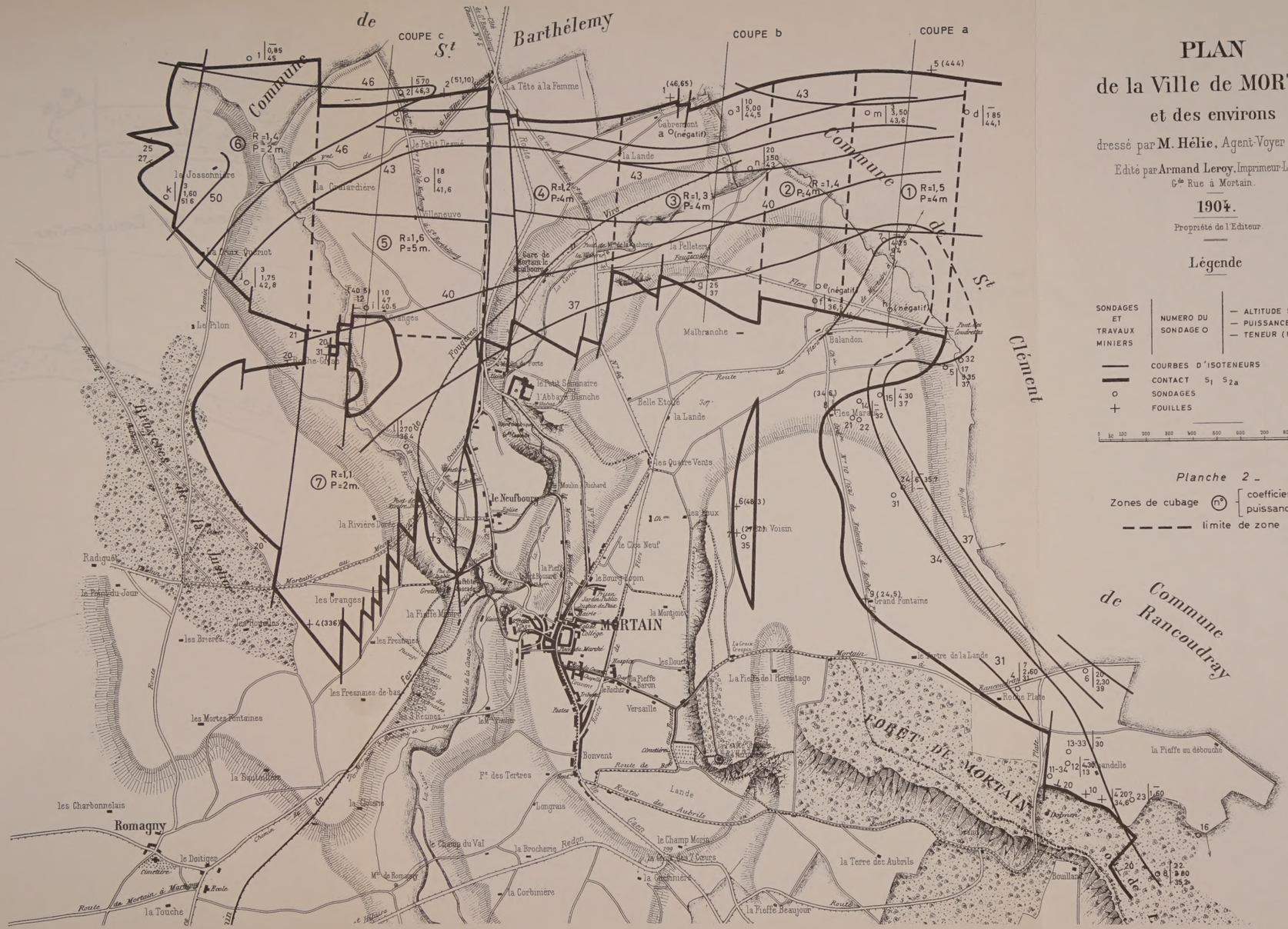
VAULLEGEARD L. (1892). — Communication sur les grès de May. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (4) **6**, p. 73.

VINCIENNE H., COURTY G. (1956). — Sur un poudingue intercalé dans la couche de minerai de fer silurien d'Halouze (Orne). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **242**, p. 1501-1502.

X. (1835). — Coup d'œil sur la constitution géognostique des 5 départements de la Normandie. *Ann. Ass. Norm.*, 2e année, p. 57-96.

X. (1922). — Les mines de fer de l'Ouest de la France. (Chambre syndicale des mines de fer de l'Ouest de la France, Paris 22 p.). 2e éd. 1930, 55 p.

X. (1924). — Les mines de fer du Calvados, de l'Orne et de la Manche (Chambre de Commerce du Calvados).



PLAN
de la Ville de MORTAIN
et des environs

dressé par **M. Hélie**, Agent-Voyer Cantonal.

Edité par **Armand Leroy**, Imprimeur-Libraire
Cte Rue à Mortain.

1904.

Propriété de l'Editeur.

Légende

SONDAGES ET TRAVAUX MINIERS | NUMERO DU SONDAGE O | — ALTITUDE STRATIGRAPHIQUE — PUISSANCE — TENEUR (MINERAI GRILLE)

— COURBES D'ISOTENEURS
— CONTACT S_1 S_{2a}
o SONDAGES
\+ FOUILLES

0 50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

Planche 2 -

Zones de cubage (n°) { coefficient de rétrécissement / puissance moyenne
— — — limite de zone

UNIV.
LEIDEN
BIBL.